Stallklimatische Untersuchungen im Kreise Säckingen unter besonderer Berücksichtigung der Be- und Entlüftung

Hans-Jörg Herter

1962

Aus dem Institut für Tierhygiene der Universität München
Vorstand: Professor Dr. Adolf Meyn

STALLKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM KREISE SÄCKINGEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER BE- UND ENTLÜFTUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

von

Hans-Jörg Herter

aus

Wehr/Baden

München 1962

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. K. Ullrich

Referent: Professor Dr. A. Meyn

Tag der Promotion: 27. Februar 1962

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

UNI-Druck, München 13, Amalienstraße 85

MEINEN LIEBEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546009_0043

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Literatur	3
	A. Stallbau	3
	1. Bauplatz	3
	2. Baugrund	3
	3. Frontrichtung	4
	4. Baumaterial	4
	a) Boden	5
	b) Grund- und Umfassungsmauern	6
	c) Decke	8
	d) Dach	10
	5. Türen	10
	6. Fenster	11
	7. Raumbemessung	13
	a) Stallgrundfläche	13
	b) Luftraum	14
	c) Stallhöhe	15
	B. Stallklima	16
	1. Physikalische Eigenschaften der Stalluft	17
	a) Temperatur	17
	b) Feuchtigkeit	22
	c) Luftbewegung	24
	2. Chemische Zusammensetzung der Stalluft	25
	a) Kohlendioxyd	26
	b) Ammoniak	27
	c) Schwefelwasserstoff	28

Seite

C. Be- und Entlüftung 29

1. Freie natürliche Lüftung 30
2. Zwangslüftung 33

III. Eigene Untersuchungen 34

A. Material und Methodik 34

1. Das Untersuchungsgebiet 34
2. Durchführung der Untersuchungen 36
3. Beschreibung der Meßinstrumente 38

a) Polymeter 38
b) Gasspürgerät 38
c) Katathermometer 39

B. Untersuchungsergebnisse 40

1. Sommermessungen 40
2. Turnusmessungen 41
3. Wintermessungen 50
4. Spezielle Untersuchung der Abluftschächte auf ihre Funktionstüchtigkeit 72

IV. Schlußbetrachtung 73

V. Zusammenfassung 76

Literaturverzeichnis 79

Lebenslauf 87

I. EINLEITUNG

In menschlichen Wohnungen und Arbeitsstätten spielt das Raumklima als Angelpunkt allgemeiner Hygiene schon seit langem eine entscheidende Rolle. Hier ist die Erforschung optimaler Verhältnisse, sowie die Entwicklung geeigneter Anlagen so weit fortgeschritten, daß eine einwandfreie Klimagestaltung wohl nicht mehr als Problem betrachtet werden kann.

Ganz anders sieht es in den Unterkünften unserer landwirtschaftlichen Nutztiere aus; denn die Erkenntnis, daß neben der Erbmasse vor allem die Umwelt Gesundheit und Leistungsfähigkeit auch unserer Haustiere bestimmt, ist noch nicht sehr alt. Erst als klar wurde, daß doch die Stallhaltung einen durch die Domestikation erzwungenen, tiefen Eingriff in die natürlichen Lebensbedingungen der Tiere darstellt, erlangten Erörterungen über das Stallklima die ihnen längst zukommende Bedeutung.

Die Schwierigkeit, Verbesserungen nach neuen Erkenntnissen in den Stallungen zu verwirklichen, ist wohl darin zu suchen, daß die meisten hundert Jahre und älter sind, also zu einer Zeit erstellt wurden, in welcher der enge Zusammenhang zwischen Gesundheit und Nutzungsleistung einerseits und Stallhygiene andererseits noch unbekannt war. Damals galt das Hauptinteresse der Düngergewinnung, heute aber steht die Leistung im Vordergrund, die es durch gezielte Zucht und zweckmäßige Fütterung inzwischen um ein Vielfaches zu steigern gelang. Den sich daraus ergebenden höheren Anforderungen an die Haltung der Tiere, kann aber das alte Stallmaterial in der vorliegenden Form nicht mehr gerecht werden.

So ist gerade jetzt, wo es darum geht, innerhalb der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft konkurrenzfähig zu sein, die Stallhygiene zu einer brennenden Existenzfrage für unsere Landwirtschaft geworden. Besonders der Kleinbetrieb, der sich keinen neuen Stall leisten kann, sieht sich vor die Aufgabe gestellt, mit möglichst wenig Aufwand seinen alten Stall in eine hygienisch brauchbare Unterkunft für die Tiere umzugestalten.

Dabei liefert ihm die Natur das beste und billigste Mittel zur Verbesserung des Stallklimas: Die frische Luft! Ein ausreichender Luftwechsel ist

aber nur durch funktionstüchtige Be- und Entlüftungsanlagen garantiert. Tatsächlich sind in vielen Ställen Lüftungseinrichtungen anzutreffen, doch lassen sie wegen ihrer unzulänglichen Beschaffenheit kaum eine zufriedenstellende Wirkung erwarten.

So ist es für den Tierarzt wichtig geworden, einen Stall vom Standpunkt der Gesundheit für die Tiere beurteilen und Ratschläge zur Verbesserung des Stallklimas geben zu können. Eine solche Begutachtung setzt aber die genaue Kenntnis der gegebenen Verhältnisse und das Wissen um das Zusammenspiel der Einzelfaktoren sowie deren wirksame Beeinflussung voraus.

Deshalb wurde mir von Herrn Professor Dr. A. Meyn, Vorstand des Tierhygienischen Institutes der Universität München, die Aufgabe gestellt, stallklimatische Untersuchungen in meinem Heimatkreise Säckingen im Hinblick auf gegebene Be- und Entlüftungsmöglichkeiten durchzuführen.

II. LITERATUR

A. Stallbau

Der Stall diente ursprünglich dem Zweck, die Haustiere vor Witterungsunbilden, Raubzeug und Diebstahl zu schützen. Mit der Zeit trat dieses Sicherheitsbedürfnis hinter anderen stallbaulichen Leitgedanken zurück, die vornehmlich auf eine Rationalisierung der Arbeit bei der Pflege, Fütterung und Nutzung der Tiere hinzielten. Diese Entwicklung schuf allmählich die heute übliche Form des Stalles, in dem die Tiere oft ihr ganzes Leben verbringen müssen. Angebunden an ihre Futterkrippe sind sie zu einem engen Zusammenleben gezwungen und entbehren der gesundheitswichtigen Einflüsse von Licht, Luft und Sonne. Die Folgen sind Verminderung der Widerstandsfähigkeit und erhöhte Übertragungsgefahr beim Auftreten infektiöser Krankheiten, deren Erregern ein ungesunder Stall günstige Lebensbedingungen bietet. Erfahrungen berechtigen uns zu der Annahme, daß Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu etwa 30 % von der Erbmasse und 70 % von der Umwelt beeinflußt werden. Deshalb müssen wir bestrebt sein, durch hygienische Maßnahmen die Stallhaltung soweit wie möglich den natürlichen Lebensbedingungen der Tiere anzugleichen. So wird von allen zuständigen Autoren immer wieder die Forderung nach einem zweckmäßigen, hellen, trockenen und luftigen Stall erhoben.

1. Bauplatz

Die Berücksichtigung hygienischer Gesichtspunkte beginnt bereits bei der Wahl des Bauplatzes, der nach Klimmer (33) derart sein soll, daß der Stall eine freie Lage hat, die dem Licht und der Luft ungehinderten Zutritt gestattet.

2. Baugrund

Als besten Baugrund bezeichnet Jentsch (27) festen oder geschichteten Fels oder Geschiebe auf fester Unterlage, Geröll, groben festgelagerten Kies, festen Mergel, zerklüfteten Fels, trockenen, festen, sandigen Lehm oder Ton. Als schlechter Baugrund haben zu gelten feiner Sand, nasser Lehm oder Ton, Erde, Torf, Moor, Flug- oder Treibsand und Anschüttung. Der Grundwasserspiegel (Rolle (52); Klimmer (33);) muß mindestens 1/2 m tiefer liegen als die Grundmauern hinabreichen.

3. Frontrichtung

Über die geeignetste Himmelsrichtung der Hauptfront des Stalles besteht keine einheitliche Ansicht, zumal ihre Wahl meist durch wirtschaftliche, klimatische und geographische Gegebenheiten dem freien Ermessen entzogen ist.

Auf alle Fälle ist aber die Nordseite tunlichst zu vermeiden (Nusshag (43); Klimmer (33); Dahmen (12);), da sie die direkten Sonnenstrahlen vollkommen abhält, für die rauhen Nordwinde zugänglich ist und somit im Winter kalte und feuchte Aufenthaltsräume schafft.

Die Lage nach Südosten und Osten wird von den meisten Autoren (Dahmen (12); Frank (18); Heinze (22); Klimmer (33); Kronacher (34); Mally (39); Miessner und Schoop (41); Ober (44), (45); Rolle (52); Schmidt (55);) deshalb als vorteilhaft bezeichnet, weil aus dieser Richtung im Winter und während der Übergangszeiten die wärmende Morgen- und Vormittagssonne die Stallwände trifft, aber auch im Sommer nach der nächtlichen Abkühlung einen wohltuenden Einfluß auf das Stallklima ausübt, ohne in den vorgerückten Tagesstunden des Hochsommers die Stalltemperatur übermäßig zu erhöhen.

Zorn (66) hält die ausgesprochene Südlage für umso bedeutungsvoller, je nördlicher die Gegend gelegen ist, in der sich der Stall befindet. Auch andere Autoren (Klimmer (33); Ober (44); Roots-Haupt-Hartwigk (53); Vogel (64);) sprechen sich für die Süd- oder Südwestlage aus, wegen der Erhaltung eines hohen Wärmestandes der Stallluft im Winter, führen aber dagegen die Überwärmung im Sommer und die stärkere Belästigung der Stalltiere durch Insekten an.

Als Vorteil der Westseite bezeichnet Dinkhauser (15) die Westwinde, die sich so am besten für die Lüftung ausnützen lassen.

4. Baumaterial

Die Bauteile (Ober (44);) sollen neben ihrer statischen Funktion einen Wärmeschutz bilden, der den Wärmehaushalt sichert und jede Nässebildung an der Oberfläche oder innerhalb des Baumaterials ausschließt. Der Wärmetransport durch die einzelnen Bauteile (Ober (46);) wird vom Temperaturgefälle zwischen Stalluft und Außenluft, der Art, Dicke und Schichtung der Baustoffe und der Größe der am Wärmeaustausch beteiligten Flächen bestimmt. So muß vom Baumaterial verlangt werden (Rolle (52);),

daß es ein schlechter Wärmeleiter ist, damit es den Stallraum im Winter vor Wärmeverlusten und im Sommer vor Überwärmung schützt. Wegen der schlechten Wärmeleitung und geringen Wärmefassung (Klimmer (33);) ist daher lufthaltiges Material zu fordern. So sind poröse Baustoffe im Gegensatz zu dichten (Zorn (66);) deshalb vorteilhaft, weil sie gleichsam "atmend" und feuchteabführend ein gesundes Stallklima begünstigen.

a) Boden

Für einen guten Stallfußboden fordern Klimmer (33) und Lauff (37) folgende Eigenschaften:

1. Er muß undurchlässig sein; denn ein durchlässiger Fußboden nimmt Harn- und Kotbestandteile auf, die dann faulen und verschiedene übelriechende und auch schädliche Gase bilden, welche die Stallluft verderben. Außerdem liefern sie gefährlichen Krankheitserregern einen günstigen Nährboden.

2. Er soll eben sein, da ein unebener Fußboden den Tieren beim Liegen leicht Druckschäden zufügen kann und sie damit am ordentlichen Ausruhen hindert.

3. Er soll rauh sein, da die Tiere auf glattem Boden leicht ausgleiten.

4. Er soll weich sein, um den Tieren das Liegen und Stehen angenehm zu gestalten.

5. Er soll warm sein, damit er nicht zur Ursache von Erkältungskrankheiten wird.

6. Er soll dauerhaft sein, um nicht zu schnell abgenutzt zu werden.

Für geeignetes Baumaterial hält Dinkhauser (15) Backstein-, Hohlstein-, Holzklotz- und Harrizitpflaster auf feingesiebter Schlacke und Lehm mit Isolierschicht. Für Harrizit, Ziegel oder Klinker sprechen sich Brüggemann (7), Gerspach (20), Heinze (22), Jentsch (27), Mally (39), Schmidt (55), Miessner und Schoop (41) aus. Stietenroth (59) bezeichnet die Wärmeableitung von Stallböden aus Beton als am größten. Ziegelböden halten zwar die Wärme besser, weisen dafür aber größere Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt auf. Holzböden nennt Stietenroth "fußwarm", hält sie aber für hygienisch

bedenklich, weil sie die Jauche ansaugen und so zum Sammellager für Unrat und Keime werden.

b) Grund- und Umfassungsmauern

Nach Gerspach (20) ist das Fundament frostsicher 80 - 100 cm unter der Erdoberkante anzulegen, es soll sich etwa 30 - 80 cm über den Boden erheben und frei von liegendem oder sich ansammelndem Wasser sein. Gegen den Aufstieg von Bodenfeuchtigkeit dient eine Lage starker Bitumenpappe auf dem Rauhstrich des Sockels. Als Baustoff werden von Dahmen (12), Gerspach (20) und Klimmer (33) Granit, Porphyr, Basalt, Bruch- oder Kalksteine, Stampfbeton und eventuell hartgebrannte Ziegel empfohlen, also Materialien, die zur Abdichtung dienen und eine geringe Porosität besitzen.

Bei der Beschreibung der Umfassungsmauern möchte ich mich auf die vier im Untersuchungsgebiet angetroffenen Baumaterialien beschränken: Bruchstein, Ziegel, Beton und Holz.

Wände aus Bruchstein deuten auf ein hohes Alter des Stalles hin. Dieses Baumaterial war früher in Gegenden mit einem entsprechenden geologischen Aufbau sehr geschätzt, weil es billig zu gewinnen, leicht herbeizuschaffen und außerordentlich haltbar war. Heute wird der Bruchstein als Baustoff für Umfassungsmauern (Jentsch (27); Klimmer (33); Seilnacht (56); Zorn (66);) wegen seiner geringen Luftdurchlässigkeit, des mangelnden Wärmeschutzes und der ihm meist anhaftenden Feuchtigkeit verworfen. Doch kann er wegen seiner großen Druckfestigkeit, der nahezu unbegrenzten Dauerhaftigkeit und hervorragenden Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse zu Grund- und Sockelmauern verwendet werden. So fand Reich (51) in nur einem von 42 Bruchsteinställen gute hygienische Bedingungen vor. Bei den restlichen 41 Ställen traf er teilweise katastrophale stallklimatische Verhältnisse an.

Rolle (52) bezeichnet auch völlig unporöse Baustoffe als durchaus brauchbar, wenn eine gute Wärmeisolationsschicht angebracht wird. Dadurch ist also eine Möglichkeit der Verbesserung eines alten Bruchsteinstalles gegeben. Dazu empfiehlt Ober (44); (46), an der Wandinnenseite eine Ziegelflachschale vorzusetzen und den Zwischenraum mit Mineralfaserplatten anzufüllen. Nach Dahmen (12) müssen Bruchsteinmauern 0,84 bis 1,40 m stark sein, um einer 0,38 m starken Ziegelwand zu entsprechen.

Der Ziegel weist eine Reihe hervorragender technischer Eigenschaften auf, weshalb er von den meisten Autoren als das Mittel der Wahl angesehen wird. Nach Ober (46) hält er Feuer und Wetter stand, ist tragfähig und maßbeständig, bietet einen guten Wärmeschutz, fördert die Wasserdiffusion und weist gegenüber anderen Baustoffen einen sehr niederen Dauerfeuchtigkeitsgehalt auf. Als Nachteile werden der hohe Fugenanteil, der den Wärmeschutz beeinträchtigt, und die längere Anstrocknungszeit bei der Verarbeitung genannt.

Die durchschnittliche Stärke einer Ziegelwand wird von Zorn (66), Dahmen (12) und Dinkhauser (15) mit 1 1/2 Stein = 38 cm angegeben. Bei Ober (44), (46) bewegen sich die Angaben je nach Klimalage zwischen 36,5 und 49 cm. Dahmen (12) weist darauf hin, daß die Wandstärke von 38 cm den menschlichen Wohnungen angepaßt wurde, für tierische Behausungen aber meistens nicht ausreicht, da sie eine Frage der niedrigsten, mittleren Außentemperatur und der Beheizung ist, die im Stall ja dem Tierkörper obliegt.

Gerspach (20) und Zorn (66) sagen dem Beton eine ebenso geringe Eignung für Stallwände nach wie dem Bruchstein, weil er bei niedrigen Außentemperaturen den Stall kalt und feucht macht und den Verputz auf die Dauer nicht hält. Als Isolation einer Betoninnenwand schlägt Gerspach (20) eine 12 cm Ziegel-, Schwemmstein- oder Hohlsteinwand vor, wobei auch ein 6 cm breiter Hohlraum zwischen beiden Wänden gelassen werden kann. Da Beton eine hohe Druck- aber eine geringe Zugfestigkeit besitzt (Roots-Haupt-Hartwigk (53);) wird er durch Einlagen von Stahlstäben zugfest gemacht und findet so häufig Verwendung als Fundament.

Für Holz als geeignetes Baumaterial spricht sich vor allem Jentsch (27) aus. Er rühmt seine einfache, rasche und daher billige Bearbeitbarkeit, seine große Länge, geringe Schwere, hervorragende Biegsamkeit und Festigkeit sowie seine große Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit bei Verwendung unter günstigen Umständen. Die ausgezeichnete Wärmedämmung des Holzes zeigt er durch einen Vergleich zwischen einer 15 cm starken Blockwand und einer Mauer aus gut gebrannten Ziegeln von 45 cm Dicke an, die beide denselben Wärmeschutz bieten.

Als Nachteile des Holzes bezeichnet Jentsch (27) das Quellen und Schwinden, die Fäulnis, den Holzschwamm und die Feuergefährlichkeit, gibt aber als Vorkehrungen gegen diese Mängel vor allem die Verwen-

dung von gutem, gesundem, vollkommen ausgetrocknetem Holz an, ferner einen Anstrich aus Leinöl, Ölfarbe, Holzteer usw. und die Umhüllung mit Mörtelputz auf Rohrgewebe.

Überhaupt ist es üblich, eine jede Stallwand zu verputzen. Dazu meint Klimmer (33), daß für die Umfassungsmauern wegen der schlechteren Wärmeleitung und geringeren Wärmefassung zwar lufthaltiges Material gefordert wird, was aber nicht heißt, daß es für Luft und Wasser durchlässig sein muß. Es ist sogar besser, die Durchlässigkeit aufzuheben und die Wand nach ihrer Austrocknung innen und außen mit einer undurchlässigen Schicht zu überziehen. Dazu empfiehlt er für außen einen Schindel- oder Schieferbelag, einen Gipsverputz oder Ölfarbanstrich und für innen einen Zementverputz, Ölfarbanstrich oder Fliesenbelag.

Anderer Ansicht ist Gerspach (20), wenn er sagt, daß die gewählten Baustoffe zur Schwitzwasservermeidung die auftretende Stallfeuchte durch die Wände aufnehmen und ableiten müssen. Die Feuchte wandert langsam mit dem Wärmestrom durch die Mauerfugen nach der kälteren Seite hin, um dort zu verdunsten. Durch einen wasserdichten Verputz wird aber der Verdunstung Einhalt geboten. Aus diesem Grunde sind an der Innenwand ein Zementverputz, auf dem sich durch seine gute Wärmeleitung die Stallfeuchtigkeit besonders niederschlägt, ebenso ein Ölfarbanstrich oder gar ein Fliesenbelag nicht am Platze. Vielmehr soll der Reinlichkeit wegen ein wärmehaltender und die Feuchtigkeit aufnehmender Kalkmörtelverputz angebracht werden. Dagegen ist jeder Außenverputz tunlichst zu unterlassen.

Um einem Schwitzen der Wände bei kaltem Wetter vorzubeugen, empfiehlt Shier (57) die Innenwand mit Holz oder mit wasserdampffesten Papieren auszustatten, die entweder auf ihrer Oberfläche oder zwischen zwei Papierlagen eine Schicht Teer oder Asphalt enthalten. An der Außenseite der Wand kann als Isolation jede gute Pappart verwendet werden, die aber nicht dampfdicht sein darf. Sie hat die Aufgabe, die Außenwände vor Wind und Regen zu schützen.

c) Decke

Von der Decke, die den Stallraum nach oben abschließt und dem Futterspeicher als Boden dient, werden wärmetechnisch dieselben Eigenschaften verlangt wie von den Wänden. Sie muß weitgehend feuersicher, wärmedämmend, trocken und dunstsicher sein.

Im allgemeinen werden zwei Arten von Stalldecken unterschieden: Die Holz- und die Massivdecke. Die Holzdecke hat als älteste Stalldeckenform bis heute noch nichts von ihrer hergebrachten Wertschätzung verloren. Zumal wenn sich über ihr - wie meistens - der Futterboden befindet, wird ihre natürliche Ventilations- und Wärmewirkung durch darübergelagertes Stroh oder Heu ganz wesentlich unterstützt. Eine so angelegte Decke bezeichnet Rolle (52) als "Lunge des Stalles". Frank (18) sieht aber ihren Nachteil in dem Schaden, den die Futtervorräte durch die Stallgase erleiden könnten. Deshalb empfehlen Dinkhauser (15) und Gerspach (20) einen 10 - 15 cm starken Lehmschlag über der Holzdecke aufzubringen, der - um beim Begehen nicht schadhaft zu werden - mit einem 2 - 3 cm starken Bretterboden zu belegen ist. Diese Maßnahme beeinträchtigt natürlich die Ventilationsfähigkeit, die Lauff (37) für die wesentlichste Eigenschaft einer Stalldecke hält. Deutsch (13) konnte zeigen, daß die Befunde des Kohlensäuregehaltes und des prozentualen Zuwachses der absoluten Luftfeuchtigkeit in den von ihm untersuchten Stallungen mit Holzdecken regelmäßig günstig waren. Dahmen (12), Miessner und Schoop (41), die sich ebenfalls für Holzdecken aussprechen, halten die oft geäußerten Bedenken wegen der Fäulnisgefahr für unberechtigt; denn Holz fault nur in schlecht durchlüfteten Stallungen oder wenn es vor der Verarbeitung nur ungenügend getrocknet wurde.

Aber auch bautechnisch gesehen, weist die Holzdecke besondere Vorteile auf, die Ober (46) damit erklärt, daß sie sich ohne Schwierigkeiten jeder Grundrißform anpassen läßt, keine Feuchtigkeit in den Bau bringt und keinerlei Schalfristen, wie bei Stahlbetondecken, eingehalten zu werden brauchen. Weiterhin ist sie sehr fest und trägt das Vielfache ihres Eigengewichtes, was wegen der darüber gelagerten Futtermassen wichtig ist.

Nach Klimmer (33) hat die Holzdecke gegenüber der Massivdecke den Nachteil geringerer Dichtigkeit, Haltbarkeit und Feuersicherheit, andererseits aber den Vorteil, die natürliche Lüftung bedeutend zu unterstützen; so eignet sie sich noch am besten für Schafställe, isolierte kleine Schweineställe und weniger gut für Pferdeställe. Für Rinder- und größere Schweineställe zieht Klimmer (33) unbedingt massive Decken vor, da Holzdecken angeblich für den in diesen Ställen reichlich auftretenden Wasserdunst nicht genügend undurchlässig sind. So empfiehlt er die Massivdecken aus porösem, die Wärme schlecht leitendem Material herzustellen und, um sie für Luft und Wasser undurchlässig zu machen, mit Ölfarbanstrich zu versehen. Gerspach (20) sieht die Vorteile der Massivdecken - abge-

sehen davon, daß sie wesentlich teurer sind als die Holzdecken - in ihrer längeren Lebensdauer, der unbedingten Dunstsicherheit bei guter Ausführung und in dem zuverlässigen Feuerschutz, was bei Stallbränden eine Rettung der Tiere erleichtert.

d) Dach

Das Dach schließt das Stallgebäude nach oben ab und schützt es vor Witterungsschäden. Gleich der Stalldecke wird von ihm eine gute Ventilationsfähigkeit gefordert (Miessner und Schoop (41);). Diese Bedingung erfüllen am besten die früher üblichen Stroh-, Rohr- oder Schilfdächer. Wegen ihrer Feuergefährlichkeit und mangelhaften Festigkeit werden sie aber nicht mehr verwendet. Heute kommen als Dachbelag fast nur noch Hartdächer in Frage (Zorn (66);). Außer den Biberschwanzbedachungen werden je nach Dachneigung die besser ventilierenden Falzziegel und Pfannendächer angewandt, seltener Schiefer- oder Pappdächer. Als leichtes, außerordentlich haltbares und dichtes Dach, das mit geringer Neigung verwendet werden kann, empfiehlt Zorn (66) das Eternitdach, das aus wellblechähnlichen großen Tafeln auf Längssparren montiert wird.

Zweckmäßigerweise läßt man das Dach weit vorstehen (Klimmer (33);), um die Außermauer vor Sonne und Regen zu schützen. Zur Abführung des Traufwassers sind an beiden Längsseiten Dachrinnen anzubringen.

5. Türen

Ein Stallgrundriß ist umso besser gelöst (Ober (45);), je weniger Türen er aufweist. So sollte es zumindest in kleineren Ställen möglich sein, mit zwei Türen auszukommen: Eine Innentüre, durch die das Futter gebracht und eine Außentüre, durch die der Mist ausgefahren wird. Neben dem sicheren Verschluß hat die Außentüre noch die Aufgabe (Ober (46);), den Stallraum vor dem Eindringen von Regen, Schnee, Wind, Kälte und Hitze zu schützen. Sie muß also dicht sein und gut schließen. Deshalb sollte sie grundsätzlich nach außen aufgehend angeschlagen werden (Ober (44);); denn so wird sie zur Vermeidung von Zugluft vom auftreffenden Wind in den Blendrahmen hinein- und nicht herausgedrückt. Die nach innen aufgehende Tür nimmt Platz ein und stört den Verkehr im Raum, was besonders mit Rücksicht auf Brandfälle (Gerspach (20); Klimmer (33);) vermieden werden muß.

Gerspach (20) und Zorn (66) empfehlen, die Türen zweckmäßig verdoppelt aus Holz herzustellen und mit einer dazwischenliegenden Wärmedämmschicht, wie sie beispielsweise eine Mineralfaserplatte darstellt, zu versehen. So schützen sie auch gleichzeitig vor Zugluft, sind haltbar und dauerhaft; doch dürfen sie wegen des stark abkühlenden Durchzuges bei gleichzeitiger Benutzung nicht an gegenüberliegenden Seiten des Stalles angebracht sein. Vielfach werden Türen empfohlen, deren oberer Teil für sich geöffnet werden kann. Dadurch ist im Sommer, aber auch im Winter bei schönem Wetter, eine gute Lüftung möglich, während der geschlossene Unterteil ein eventuelles Ausbrechen losgekommener Tiere verhindert.

Türen sollen nie größer als notwendig sein, weil sie wenig Wärmeschutz bieten und eine richtige Be- und Entlüftung erschweren. Stietenroth (59) fordert, daß die Türfläche 0,5 m^2/GVE nicht übersteigen darf. Über die Maße von Stalltüren werden verschiedene Angaben gemacht, wobei sich die Höhen über 2,1 m auf Pferdeställe beziehen:

Autor	Breite		Höhe
Dahmen (12)	1,25	x	2,1 m
Gerspach (20)	1,2	x	2,0 m
Heinze (22)	1,4	x	2,4 m
Jentsch (27)	1,0	x	2,1 m
Mally (39)	1,3 - 1,6	x	2,2 - 2,5 m
Nusshag (43)	1,25	x	2,0 m
Ober (44)	0,9 - 1,0	x	1,9 m
Schmidt (55)	-	x	2,1 - 2,5 m
Seilnacht (56)	1,2	x	2,2 m

6. Fenster

Das Licht ist die Voraussetzung für Reinlichkeit, die ihrerseits Vorbedingung der Hygiene ist. Aber nicht nur vom hygienischen Standpunkt, sondern auch vom Tierschutzgedanken aus ist viel Licht im Stall eine dringliche Forderung. Licht (Zorn (66);) bedeutet lebhaften Stoffwechsel, Bildung roter Blutkörperchen, normales Wachstum und gutes Allgemeinbefinden. Leider ist gewöhnliches Fensterglas für ultraviolette Strahlen, denen gerade die desinfizierende und vitaminbildende Eigenschaft des Lichtes zugeschrieben wird, nicht durchlässig. Doch darf andererseits

(Klimmer (33);) diese Strahlenwirkung nicht überschätzt werden; denn der Einfluß auch derart gefilterten Lichtes auf das Gedeihen der Stalltiere ist noch immer erheblich.

Bei der Planung der Stallfenster kann aber nicht eine beliebig große lichtdurchlässige Fläche vorgesehen werden (Stietenroth (61);), da zu große Glasflächen unerträgliche Wärmeverluste im Winter und unerwünschte Wärmestrahlungen im Sommer verursachen. Vielmehr kommt es auf eine gleichmäßige Aufhellung des ganzen Stalles in ausreichendem, aber nicht übertriebenem Maße an. Dabei kann die Fensterfläche umso größer bemessen werden (Cords-Parchim(11);), je mehr Wärmeschutz die Wände bieten.

Die Versorgung des Stalles mit Tageslicht ist dann gesichert, wenn ein bestimmtes zahlenmäßiges Verhältnis zwischen lichtdurchlässiger Glasfläche zur Stallfußbodenfläche erfüllt ist, über das folgende Angaben gemacht werden:

Dahmen (12), Klimmer (33), Rolle (52), Zorn (66)		1 : 15 - 1 : 20
Gerspach	(20)	1 : 12 - 1 : 20
Heinze	(22)	1 : 10 - 1 : 15
Dinkhauser (15), Ober (46)		1 : 20
Schmidt (55), Vogel (64)		mindestens 1 : 15

Aber ein günstiges Fenster- zu Bodenflächenverhältnis bedingt nicht allein eine zufriedenstellende Belichtung des Stalles, maßgebend ist auch die Lage der Fenster nach den Himmelsrichtungen und ihre Anordnung, wobei Schönheit und Gleichmäßigkeit erst in zweiter Linie bestimmend sein dürfen. Stietenroth (60) errechnete, daß der Erhalt an Sonnenstrahlen im Vergleich zu Fenstern gegen Süden = 100 %, für solche gegen Südost und Südwest nur 80 %, gegen Osten und Westen 42 %, gegen Nordost und Nordwest 12,5 % und gegen Norden 0 % beträgt. So empfiehlt Ober (45), die Stallfenster möglichst an der Ost-, Südost- und Südseite anzuordnen.

Nicht zu vergessen ist auch der überaus günstige Einfluß, den weiß gestrichene Wände und Decken (Lauff (37);) auf Wirkung und Verteilung des Lichtes im Stallraum ausüben.

Den Fenstern obliegt aber nicht nur die Aufgabe der Lichtversorgung, sondern gleichzeitig stellen sie eine wertvolle Zusatzeinrichtung zur Lüftung des Stallraumes dar. Dazu eignen sich ganz besonders eiserne oder hölzerne, in geschlossener wie in geöffneter Stellung feststellbare Kippfenster (Klimmer (33);) mit horizontaler Drehachse am unteren Rand. Sie sind breiter als hoch zu bemessen und möglichst weit oben anzubringen, damit die besonders unter der Decke befindliche schlechte Stalluft abziehen und eventuell auftretende Zugfluft über die Tiere hinwegstreichen kann. Ihre Anzahl, Größe und Anordnung soll in einem annehmbaren Verhältnis zu der im Stall erzeugten Wärme stehen (Cords-Parchim (11);). Bei der Anlage der Fensterbänke ist darauf Rücksicht zu nehmen (Gerspach (20);), daß an den Fenstern sich niederschlagendes Schwitzwasser abfließen kann und nicht an den Wänden herunterläuft. Dazu ist unter dem Fenster eine Sammelrinne und ein Schlitz von 5 - 6 mm mit einem Gefälle der äußeren Fensterbank von mindestens 30 % anzubringen. Auch dem inneren Fenstersims ist zweckmäßigerweise eine abfallende Schräge zu geben, damit er nicht als Ablageort für Stallgeräte benutzt wird.

7. Raumbemessung

Zur richtigen Raumbemessung sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen und zwar die Zahl der aufgestellten Tiere, ihre Art, Größe und Schwere, Gewicht und ihre Nutzungsweise.

a) Stallgrundfläche

Jedem Einzeltier muß eine gewisse Stallgrundfläche zugestanden werden, die Lagerplatz und Krippenraum einschließt. Wird sie zu groß bemessen, so ist der Stall unwirtschaftlich; durch eine zu kleine Grundfläche hingegen fühlt sich das Tier beengt, findet nicht die nötige Ruhe im Liegen, weil nicht alle Tiere gleichzeitig ruhen können, die Leistungsfähigkeit leidet, und auch die Ansteckungsmöglichkeit ist vergrößert. Weiterhin müssen die nötigen Kotablageplätze, Jaucherinnen, Futter- und Mistgänge so angelegt sein, daß sie den hygienischen Anforderungen genügen und die Arbeit im Stall erleichtern. So spricht Zorn (66) mit Recht von der Notwendigkeit eines gewissen "Komforts", der Bequemlichkeit und Wohlbefinden unserer Stalltiere sichert.

Zur Berechnung der Stallgrundfläche in Rinderstallungen gibt Rolle (52) folgende Einzelmaße an:

Standlänge	:	1,70 m
Standbreite	:	1,10 m
Krippe	:	0,60 m
Kotplatte	:	0,60 m
Jaucherinne	:	0,20 m
Futtergang	:	0,80 m
Stallgasse	:	1,50 m

Die Frage, ob ein Stall ein- oder zweireihig angeordnet werden soll, entscheidet Zorn (66) zugunsten des letzteren, weil so auf eine Großvieheinheit wesentlich weniger Boden-, Wand- und Deckenfläche zur Erwärmung entfällt. Dabei muß aber vermieden werden (Rolle (52);), die Tiere so aufzustellen, daß sie Kopf gegen Kopf stehen, weil dadurch die Tröpfcheninfektion sehr begünstigt wird.

b) Luftraum

Um gesund und produktiv leben zu können, bedarf das Stalltier neben der notwendigen Grundfläche auch eines bestimmten Luftraumes, der zur besseren Veranschaulichung auf Großvieheinheiten bezogen wird. Ist er zu groß, wird der Stall kalt und auch feucht, das Tier hat zuviel Raum zu erwärmen, was es dann durch vermehrte Futteraufnahme wettzumachen sucht; ist er aber zu klein, treten alle Mängel, die eine schlechte Stallluft bedingen, besonders deutlich in Erscheinung.

Über den Stalluftraum, der einer Großvieheinheit zur Verfügung stehen sollte, werden folgende Angaben gemacht:

Dahmen	(12)	:	20 - 30 m^3
Dinkhauser	(15)	:	15 - 20 m^3
Gerspach	(20)	:	25 m^3
Jentsch	(27)	:	17 - 20 m^3
Klimmer	(33)	:	20 - 30 m^3
Nusshag	(43)	:	20 - 25 m^3
Rolle	(52)	:	20 m^3
Stietenroth	(59)	:	18 m^3
Zorn	(66)	:	15 - 20 m^3

Der Frischluftbedarf eines Stalles wurde bisher allgemein mit 60 m^3 pro Großvieheinheit und Stunde angenommen, heute werden vielfach schon 100 m^3/GVE/h gefordert (Ober (44);).

Shier (57) bezeichnet eine Luftzirkulation von ca. 1698 L/Min. für jede Kuh als ausreichend. Für Schweine fordert er je Sau ca. 424 L Luft/Min.. Mastschweine kommen mit weniger aus. Für Ferkel liegt die Luftmenge je nach Größe der Tiere bei 339,6 L/Min. und darunter.

Es wird also derjenige Luftraum von wirklicher Bedeutung sein, der dem Tier durch eine gut funktionierende Ventilation in der Zeiteinheit zur Verfügung steht. Damit ist gesagt, daß der Stalluftraum pro Tier umso kleiner bemessen werden kann, je besser das Wärmehaltungsvermögen des Stalles ist, und je zuverlässiger und wirksamer die notwendigen Be- und Entlüftungseinrichtungen arbeiten.

c) Stallhöhe

Im Zusammenspiel aller bisher genannten Faktoren der Raumbemessung nimmt auch die Stallhöhe einen wichtigen Platz ein. Sie muß also von verschiedenen von Stall zu Stall wechselnden Voraussetzungen wie z.B. von Art, Zahl und Größe der aufgestellten Tiere sowie von dem für sie notwendigen Luftraum usw. abhängig gemacht werden, was die zum Teil recht unterschiedlichen Maßangaben in der Fachliteratur erklärt:

Brüggemann	(7)	:	3,00 - 3,50 m
Dahmen	(12)	:	2,80 - 3,50 m
Gerspach	(20)	:	2,65 - 3,00 m
Jentsch	(27)	:	2,90 - 4,50 m
Klimmer	(33)	:	2,50 m
Kronacher	(34)	:	3,00 - 3,50 m
Mally	(39)	:	3,00 - 3,50 m
Miessner und Schoop	(41)	:	3,50 m
Nusshag	(43)	:	2,75 - 2,90 m
Ober	(44)	:	2,50 - 2,90 m
Rolle	(52)	:	3,50 m
Seilnacht	(56)	:	2,40 - 2,70 m
Siebold und Prahl	(58)	:	3,00 m
Vogel	(64)	:	2,80 - 3,70 m
Zorn	(66)	:	3,40 m

Allgemein gesprochen ist es für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Haustiere von ausschlaggebender Bedeutung, die Raumverhältnisse so zu planen und zu gestalten, daß sie einem guten, gesunden Stallklima in jeder Weise dienlich sind.

B. Stallklima

Unter dem Begriff "Stallklima" versteht Ober (46) alle Veränderungen der chemischen Zusammensetzung und des physikalischen Zustandes der Stalluft, wie sie in einem umschlossenen, mit Tieren besetzten Raum mit dem Verlauf des Außenklimas und unter dem Einfluß der physiologischen Vorgänge im Tierkörper und der Bauweise stattfinden. Im Mittelpunkt aller das Stallklima betreffenden Überlegungen muß das Tier stehen, welches seinerseits durch seinen natürlichen, vom Nervensystem selbständig gesteuerten Wärmehaushalt wesentlich Anteil an der Gestaltung des Stallklimas nimmt. Als lebender Heizkörper erzeugt es in der Zeiteinheit ein bestimmtes Maß an Wärme, das die Möglichkeit haben muß, frei zu werden. Dieses Bedürfnis, Wärme abzugeben, ist abhängig von Gattung, Alter, Größe, Ernährungszustand und Leistung der Tiere, weiter von der Dichte des Haarkleides, der Hautdicke und auch von den Tageszeiten, denn morgens ist es am geringsten und abends am größten; nach der Futteraufnahme nimmt es zu, nach der Wasseraufnahme ab. Die Wärmeabgabe erfolgt zum einen durch Verdunstung auf der Haut und über den Wasserdunst der Atemluft und zum andern durch Leitung, Mitführung und Strahlung (Cords-Parchim (11);). Erstere gilt als mittelbare, letztere als unmittelbare Wärme, welche die "nutzbare Tierwärme" zur Erwärmung des Stalles darstellt. Es wird angenommen, daß eine Großvieheinheit bei 10 ^{o} C Stallwärme und 80 % relativer Feuchte im Durchschnitt 610 Kcal/Std. nutzbare Wärme abgibt, welche die für den Luftwechsel erforderliche Frischluft erwärmen und die durch Fenster, Türen, Wände, Decke und Fußböden verlorengehende Wärme ersetzen muß. Dabei soll soviel Wärme übrig bleiben, daß bei gut funktionierenden Be- und Entlüftungseinrichtungen eine optimale Stalltemperatur erhalten bleibt.

In einem kalten und feuchten Stall herrscht das sogenannte "Waschküchenklima", welches für alle Lebewesen unangenehm ist, weil es dem Organismus zuviel Wärme entzieht, die durch erhöhten Stoffwechsel und damit durch größere Futteraufnahme wieder gedeckt werden muß. Ein solches

Klima wird zur Quelle aller Erkältungskrankheiten. Dagegen spricht man bei einer zu warmen und feuchten Stalluft von einem "Treibhausklima", das in den meisten Ställen leider die Regel ist. Es hindert das Tier, seine überschüssige Wärme abzugeben, die dann gestaut wird, und die nun der Körper über das Blut frei zu machen versucht. Dadurch kommt es zur Hyperämie der Haut, Lunge oder des Gehirns, was im extremen Fall schließlich zum Hitzschlag führen kann. Soll sich also das Tier im Stall behaglich fühlen, darf es nicht zu einer übermäßigen Wärmeabgabe gezwungen sein, muß aber andererseits seine überschüssige Wärme leicht abgeben können. Die Abnahme der Körperwärme ist nach Cords-Parchin (11) von dem Wärmestand der umgebenden Luft, ihrem Feuchtegrad und ihrer Bewegung abhängig; je größer die Luftbewegung ist, umso leichter wird die Wärme fortgenommen.

Vorstehende Ausführungen lassen den Schluß zu, daß das Stallklima immer mehr zu einer Frage der richtigen Be- und Entlüftung wird, die der Stalluft eine gleichmäßige Optimaltemperatur, geringe Feuchte und ausreichende Bewegung garantiert.

1. Physikalische Eigenschaften der Stalluft

Der physikalische Zustand der freien Luft wird von ihrer Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung, ihrem Druck, der elektrischen Ladung und Strahlung bestimmt. Er weist innerhalb der jahreszeitlichen Schwankungen je nach Witterung, Lage und Klima große Unterschiede auf. Bezogen auf die Stalluft soll er sich möglichst optimal und innerhalb gewisser Grenzen konstant halten, wobei in dieser Arbeit nur die Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft besondere Erörterung finden.

a) Temperatur

Für die Stalltemperatur spielen viele Faktoren wie Außenklima, Art und Dicke der Bauteile, Raumverhältnisse, Fensterflächen und Lüftungsanlagen, nicht zuletzt auch Gewöhnung und Abhärtung der Tiere, ihre rasse- und schlagmäßig verschiedene Konstitution, Behaarungsdichte, Hautdicke usw. eine Rolle. Über ihren zweckmäßigsten Stand liegen keine einheitlichen Angaben vor. Allgemein wird lediglich die bisherige Auffassung, den Stall um jeden Preis warm zu halten, als überholt betrachtet. So werden von den verschiedenen Autoren gewisse Normen genannt, die oft recht beachtliche Unterschiede aufweisen.

Es verlangen für Rinderställe:

Dahmen	(12)	:	15 °C
Dinkhauser	(15)	:	16 - 18 °C
Jentsch	(27)	:	12 - 20 °C
Kalich	(30)	:	5 - 15,6 °C
Klimmer	(33)	:	12,5 - 17,5 °C
Märker	(40)	:	12 - 15 °C
Nusshag	(43)	:	12 - 15 °C
Rolle	(52)	:	7 - 14 °C
Roots - Haupt - Hartwigk	(53)	:	10 - 14 °C
Stietenroth	(59)	:	10 - 20 °C
Traub	(63)	:	12 - 18 °C

Für Schweineställe fordern:

Kalich	(29)	für Mastschweine in der Anfangsmast	:	20 °C
		für Mastschweine in der Endmast	:	15 °C
Klimmer	(33)	für Zuchtschweine	:	15 - 17 °C
		für Mastschweine	:	12,5 - 15 °C
Ober	(46)	für Zuchtschweine	:	12 - 14 °C
		für Mastschweine	:	10 °C
Roots - Haupt-Hartwigk	(53)	für Zuchtschweine	:	10 - 14 °C
		für Mastschweine	:	8 - 12 °C
Zorn	(65)	für Zuchtschweine	:	8 - 12 °C
		für Mastschweine	:	10 - 12 °C

Auch innerhalb der verschiedenen europäischen Länder herrscht noch keine einheitliche Auffassung über die erforderliche günstigste Temperatur in den Schweinemastställen. Wie eine Rundfrage von Clausen und Gerwig (9) ergab, werden folgende Stalltemperaturen angestrebt:

in der Einzelhaltung:

Belgien		:	12 °C
Bundesrepublik		:	12 °C
Dänemark	Anfangsmast	:	16 - 18 °C
	Endmast	:	14 - 16 °C
Frankreich		:	15 °C
Norwegen		:	15 °C
Österreich		:	12 - 15 °C

in der Gruppenhaltung:

Niederlande	:	13 - 15 °C
Portugal	:	17 - 18 °C
Schweden	:	15 °C

Es wird also mit Ausnahme von Dänemark nirgends ein Unterschied in der Stalltemperatur bei der Anfangs- und Endmast gemacht.

Kalich (28) hält diese Tatsache für umso erstaunlicher, als die von ihm durchgeführten Versuche deutlich gezeigt haben, wie wichtig die entsprechende Stalltemperatur bei den verschiedenen Mastabschnitten für eine rentable Schweinemast ist. So prüfte er den Einfluß der Stalltemperatur auf die tägliche Gewichtszunahme und Futterverwertung an 30 deutschen veredelten Landschweinen, die während der Wintermastperiode von 80 Tagen in Klimakammern einer Temperatur von 10, 15 und 20 °C ausgesetzt waren. Dabei ergaben sich bei Schweinen im Gewichtsabschnitt von 40 - 80 kg die besten täglichen Zunahmen sowie die günstigste Futterverwertung bei einer Stalltemperatur von 20 °C. Bei 80 - 110 kg schweren Tieren waren dagegen die besten täglichen Zunahmen, sowie die günstigste Futterverwertung bei einer Stalltemperatur von 15 °C zu verzeichnen. Die niedrigste tägliche Gewichtszunahme, sowie die höchsten Futterverwertungszahlen zeigten die bei 10 °C gehaltenen Versuchstiere aller Gewichtsklassen. In der gleichen Weise untersuchten Heitman und Hughes (23) den Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Leistung von "Polandchina"-Schweinen. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, daß sich 30 - 75 kg schwere Tiere bei einer Temperatur von 23 °C und Schweine von 75 - 118 kg bei 16,5 °C am vorteilhaftesten entwickelten. Wurden diese Temperaturgrade erhöht oder verringert, so waren sowohl schlechtere Gewichtszunahmen als auch höhere Futteraufwände zu verzeichnen.

Da sich nicht nur eine zu tiefe, sondern auch eine zu hohe Temperatur ungünstig auf Gewichtszuwachs und Futterverwertung auswirkt, machte sich Jackson (26) als einer der ersten Gedanken darüber, wie man Schweinen im Sommer bei hohen Außentemperaturen Abkühlung verschaffen könnte. Durch seine Versuche, bei denen er den Tieren die Möglichkeit bot, sich in einer Suhle abzukühlen, konnte er zeigen, daß sich auch bei Außentemperaturen von über 28,3 ^{o} C der Appetit und die tägliche Gewichtszunahme der Schweine sowie die Futterverwertung deutlich verbesserten. Auch Bray und Singletary (4) wiesen nach, daß die Anwendung einer Suhle eine tägliche Mehrzunahme von 0,18 kg gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Abkühlungsmöglichkeit bedingte. Andrews, Culver und Conrad (1) bedienten sich bei ihren Versuchen eines Spraysystems, das durch einen Thermostaten reguliert wurde, dessen Ventil sich bei einer Temperatur von 22 ^{o} C öffnete und bei tieferer Temperatur wieder schloß. Dabei wies die Untersuchungsgruppe gegenüber den Kontrollschweinen, denen nur Schatten zur Verfügung stand, einen täglichen Mehrzuwachs an Gewicht von 90 g auf. In einem weiteren Versuch, den Andrews, Culver und Noffsinger (2) mit Nebel-Spray bei Außentemperaturen von über 29 ^{o} C durchführten, nahmen die Schweine mit Abkühlungsmöglichkeit sogar um ca. 115 - 181 g täglich mehr zu als die Kontrolltiere.

Aufgrund dieser Untersuchungen, die eindeutig den ungünstigen Einfluß zu hoher Temperaturen auf die Mastleistung der Schweine aufzeigen, berechnete Hazen (21), daß in den U.S.A. jährlich bis zu 4 Millionen Dollar gespart werden könnten, wenn jeder amerikanische Schweinehalter die Stalltemperatur im Hochsommer besonders bei Außentemperaturen zwischen 27 und 29 ^{o} C um nur einen Grad herabsetzen würde.

Im Gegensatz zum Schwein ist das Rind weniger kälteempfindlich (Kalich (30);), da es ein dichtes Haarkleid besitzt, das durch die in ihm eingeschlossene stagnierende Luft isolierend und damit wärmekonservierend wirkt. Aus Versuchen über den Einfluß einer niederen Stalltemperatur auf Leistung und Futterbedarf der Rinder geht hervor, daß sich die dabei ergebende Steigerung des Stoffwechsels positiv auf Gewichtszuwachs und Milchleistung auswirkt. So berichtet Rolle (52) über Versuche in Irland, Amerika und Rußland, welche gezeigt haben, daß bei niedriger Temperatur und frischer Luft die Gewichtszunahme bei gleichem Futter viel stärker war als bei Tieren in warmen, schlecht gelüfteten Stallungen. Dice (14) fand, daß im Freien gehaltene Kühe eine höhere durchschnitt-

liche Gewichtszunahme aufwiesen als solche, die im Stall gehalten wurden. Dabei war der Gesamtbedarf an verdaulichem Roheiweiß bei den Tieren im Freien geringer, während ihre Milchleistung gleichzeitig etwas höher lag als bei den Stalltieren. Andererseits wirkt sich natürlich ein zu starkes Absinken der Temperatur ungünstig auf die Milchleistung aus, wie Kelly und Rupel (31) zeigen konnten. Sie verbrachten bisher im Stall gehaltene Kühe bei einer Außentemperatur von - 8 ^{o} C ins Freie und stellten dabei einen Rückgang der Milchmenge von 400 g pro Tier und Tag fest. Popoff (49) hielt Kühe mit einem täglichen Milchertrag von durchschnittlich 9 - 11 kg bei regelmäßiger und ausreichender Fütterung in einem Stall mit einer Durchschnittstemperatur von 2 - 3 ^{o} C. Dabei ergab sich im Vergleich zu solchen Kühen, die in einem warmen Stall gehalten wurden, ein Rückgang der täglichen Milchgaben von 0,6 bis 1,0 kg, was sich aber zu einem gewissen Grade durch Erhöhung des Milchfettgehaltes kompensierte. Der negative Einfluß gewisser Kältegrade auf die Milchproduktion scheint aber rassemäßig verschieden zu sein. Wie Brody (5), Cobble und Herman (10) beobachten konnten, zeigten Holsteinkühe bei Temperaturen von - 15 ^{o} C keinen Rückgang in der Milchleistung, während Jerseys schon bei 0 ^{o} C etwas weniger Milch gaben. Aber auch hier wurde die verminderte Milchproduktion durch den Anstieg des Milchfettgehaltes wieder ausgeglichen. Und zwar ergab sich bei einem Absinken der Temperatur von + 16 auf - 2,7 ^{o} C ein Ansteigen des Fettgehaltes von 5,4 auf 6,0 %. Aufgrund der Ergebnisse seiner Untersuchungen gibt Popoff (49) als Minimum einer Stalltemperatur 3 - 4 ^{o} C an. Kibler und Brody (32) legen die thermisch neutrale Zone der Stalltemperatur bei laktierenden Jersey- und Holsteinkühen zwischen + 4 und + 15 ^{o} C fest. Nach Shier (57) fühlen sich Kühe im Winter bei Temperaturen von 4,4 - 18,3 ^{o} C behaglich; doch müssen starke Temperaturschwankungen - auch innerhalb dieser Grenzen - vermieden werden, da sie die Milchleistung wesentlich beeinflussen können.

Aufgrund vieler Versuche ist Kalich (30) der Ansicht, daß sich ein Ansteigen der Umgebungstemperatur noch negativer auf die Milchleistung auswirkt als ein Temperaturrückgang. So berichtet Oesterlee (47) aus Holland, daß Hochleistungskühe weniger Milch gaben, sobald die Umgebungstemperatur über 16 - 17 ^{o} C hinausging. Höhere Temperaturen beeinträchtigen in Verbindung mit hoher Luftfeuchte die Milchleistung sogar erheblich. Auch Ragsdale, Worstell, Thompson und Brody (50) beobachteten, daß schon eine Lufttemperatur von 21 ^{o} C einen Rück-

gang des Milchertrages bedingte. Brooks und Hays (6) stellten ein Absinken des Fettgehaltes der Milch bei steigender Temperatur fest. Untersuchungen von Brody (5), Cobble und Herman (10) ergaben, daß die Milchproduktion von Holsteinkühen, die in Klimaställen bei einer Temperatur von über 26,6 °C gehalten wurden, um 50 - 70 % absank. Bei Jerseys sowie bei der braunen Schweizer Rasse nahm die Milchmenge erst bei über 29,3 °C um den gleichen Betrag ab. Brahmankühe zeigten dagegen selbst bei 42 °C noch keine geringere Milchleistung.

Da also eine tiefe Stalltemperatur den Milcherträgen weniger schadet als eine zu hohe, sind einige Autoren der Ansicht, daß die Aufrechterhaltung einer bestimmten Temperatur gar nicht einmal die Hauptsorge um ein gesundes Stallklima zu sein braucht. So rät Zorn (66), sich bei der Berechnung des Wärmehaushaltes nicht zu sehr von der Temperatur leiten zu lassen und beim Einbau von Lüftungseinrichtungen keine zu großen Zugeständnisse an die Höhe der Temperatur zu machen. Ober (46) weist darauf hin, daß die von ihm als erwünscht bezeichneten Stalltemperaturen (s. d.) in der Praxis selbstverständlich nicht eingehalten zu werden brauchen. Sie dürfen während der Wintermonate in Ställen mit gesteigerter Lüftung ohne weiteres unterschritten werden; dagegen lassen sie sich im Sommer bei hohen Außentemperaturen ohnehin nicht einhalten. So fordert Rolle (52) einfach eine gesunde und trockene Stalluft, die ruhig auf Kosten der Temperatur angestrebt werden kann; denn eine trockene und kühle Luft schadet weniger als eine um einige Grade wärmere, wenn sie dafür feucht und verdorben ist.

b) Feuchtigkeit

Als Ursache des Feuchtigkeitsgehaltes der Stalluft kommen die durch Atmung und Stoffwechsel bedingte Wasserdampfabgabe der Tiere, die Verdunstung ihrer Exkremente, das eventuell vorhandene Stallwasser, sowie die Außenfeuchte und unter Umständen ein feuchter Stalluntergrund in Betracht. Besondere Bedeutung erhält eine hohe Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit der Temperatur; denn in der feuchten Wärme und feuchten Kälte liegen die größten Gefahren für die Stalltiere. Da Wasser die Wärme 23 mal besser leitet als Luft, wird in einem mit Wasserdampf gesättigten Stall nicht nur der tierische Wärmehaushalt, sondern auch die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe äußerst ungünstig beeinflußt. Eine feuchtwarme Stalluft erschwert die Wärmeabgabe, verringert die Futteraufnahme und -verwertung

und mindert die Widerstandskraft der Tiere. Dagegen entzieht eine feuchtkalte Stalluft dem Tierkörper zuviel Wärme, unterbindet die Hautatmung und macht anfällig für Erkältungs- und Infektionskrankheiten. Hohe Luftfeuchte fördert die Bildung von Schwitzwasser und somit die allmähliche Zerstörung der Baustoffe. Zwar kann diese Gefahr durch Verwendung gut wärmedämmender Baumaterialien weitgehend herabgesetzt werden, doch ändert das leider nicht viel an dem tatsächlichen Feuchtegrad der Stallluft; denn Schwitzwasser, sagt Stietenroth (59), ist lediglich ein Zeichen ungenügenden Wärmeschutzes. Deshalb ist sein Auftreten nicht immer gleichbedeutend mit schlechten Stallverhältnissen. Ebensowenig darf das Fehlen von Schwitzwasser als Argument für gute Stalluftverhältnisse gewertet werden. So beobachtete Frank (18), daß in einem Stall, der einen durchaus trockenen Eindruck machte, der objektiv gemessene Feuchtigkeitsgehalt der Luft viel höher war als in einem feucht erscheinenden Stall.

Flügge (17) verlangt als klimatischen Bestzustand für menschliche Wohnungen eine relative Feuchte von 40 - 50 % bei einer Lufttemperatur von 18 - 20 ^{o} C. In tierischen Behausungen sind so niedere Feuchtigkeitswerte wohl kaum zu erreichen und gleich gar nicht zu halten, denn im Gegensatz zu Wohnungen sind Ställe dicht und - vor allem im Winter - durchlaufend mit Tieren besetzt, deren Ausscheidungen die Feuchte der Stalluft auf einen hohen Stand bringen. Cords-Parchim (11) fordert, daß bei bestimmten Stalltemperaturen folgende Feuchtigkeitsgrade nicht überschritten werden:

bei	+ 8 ^{o} C	85 %
	+ 10 ^{o} C	80 %
	+ 12 ^{o} C	80 %
	+ 14 ^{o} C	75 %
	+ 16 ^{o} C	70 %

Rolle (52) und Schmidt (55) setzen die höchstzulässige relative Luftfeuchte in Ställen auf 85 % fest. Zorn (66) und Stietenroth (61) verlangen 75 - 80 %, während Ober (46) sogar auf 70 % herabgeht.

Die in den meisten Ställen anzutreffende zu hohe Feuchte setzt dem Bestreben um ein gesundes Stallklima großen Widerstand entgegen. Da sie den Tieren und Baustoffen gleichermaßen schadet, muß ihre Bekämpfung sowohl für den Landwirt und Tierarzt als auch für den Baufachmann von gleichem Interesse sein. Die brauchbarste Möglichkeit, ihr einigermaßen beizukommen, bietet nur eine wirksame Be- und Entlüftung.

c) Luftbewegung

Eine Luftbewegung kommt zustande, wenn sich ungleich temperierte Luftschichten infolge ihrer unterschiedlichen spezifischen Gewichte gegeneinander verschieben. Im Stall hängt nach Honold (25) die Art und das Ausmaß der Luftbewegung von der Außenluftbewegung (Windstärke und -richtung), dem Temperaturunterschied zwischen Außenluft und Stalluft (Wärmeauftrieb) und den Lüftungseinrichtungen ab.

Das im Freien lebende Tier wird von der frischen, sauerstoffreichen Außenluft, die sich mehr oder weniger in ständiger Bewegung befindet, gründlich aber gleichmäßig umspült. Nach Süpfle (62) wirkt diese Umspülung der Körperoberfläche mit Luft als Hautreiz, der in gewissen Grenzen der Gesundheit förderlich ist. In Ställen, in denen der Bauer namentlich im Winter aus Angst vor eindringender Kälte jede Öffnung sorgfältig verschließt, ist die Luft nicht nur warm, feucht, sauerstoffarm und angereichert mit schädlichen Stallgasen, sondern ihre Bewegung ist auch so gering, daß die günstige Wirkung der Luftumspülung des Tierkörpers wegfällt. Eine kaum bewegte Stalluft ist ein Zeichen für unzulängliche Ventilation und damit für mangelnde Frischluftzu- und Verbrauchtluftabfuhr. Außerdem ist die Wärmeabgabe der Tiere erschwert; denn je geringer die Luftbewegung ist, umso schlechter wird die Wärme fortgenommen. Herrscht im Stall jedoch eine zu starke Luftbewegung, wie sie bei Durchzug zwischen einander gegenüberliegenden offenen Fenstern und Türen entsteht, so wird die Wärmeabgabe durch Leitung erhöht, da immer wieder neue, niedriger temperierte Luftströme an den Tierkörper herangetragen werden. Hat diese ständig neu hinzutretende Luft einen geringen Feuchtigkeitsgehalt, so fördert sie durch ihre Wasserdampfaufnahmefähigkeit auch die Verdunstung. Bei Zugluft erfährt also der Tierkörper eine starke, einseitige Abkühlung, die nach Honold (25) namentlich durch die Störung des thermoregulatorischen Zentrums Unbehagen bewirkt und damit die Widerstandskraft gegen Erkältungs- und Infektionskrankheiten herabsetzt.

Wie eng das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Luftbewegung und anderen die Qualität der Stalluft bestimmenden Faktoren ist, konnten Buxtorf (8) und Fuhrimann (19) zeigen, die zum ersten Male bei stallklimatischen Messungen mit dem Katathermometer arbeiteten. Bei der Ermittlung der Luftbewegung mit Hilfe des Katathermometers tritt noch eine weitere Größe in Erscheinung: Die Abkühlungsgröße. Sie wird in mgcal ausgedrückt und als diejenige Wärmemenge definiert, die 1 cm^2 Oberfläche eines Körpers in einer Sekunde abgibt. Bei ihrer Heranziehung zur Beur-

teilung rauniklimatischer Verhältnisse ging die Bioklimatologie von der Erkenntnis aus, daß die subjektiven Wärmeempfindungen nicht mit den Werten eines gewöhnlichen Thermometers auszudrücken sind. Beispielsweise wird man eine Temperatur von 0 °C bei Wind und Regen kälter empfinden als - 10 °C bei Trockenheit und Windstille. So werden also bei der Bestimmung der Abkühlungsgröße die drei Komponenten: Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft gemeinsam berücksichtigt (Kalich (30);).

Buxtorf (8) kam bei seinen Messungen in Pferdeställen auf einem Schweizer Waffenplatz auf folgende Minimal- und Maximalwerte:

Temperatur	=	7 - 14 °C
Rel. Feuchte	=	78 %
Abkühlungsgröße	=	7,0 - 10,5
Luftgeschwindigk.	=	0,06 - 0,20 m/sec.

Fuhrimann (19), der seine Messungen in Rinderställen durchführte, gibt folgende Größen als Grenzwerte an:

Temperatur	=	10 - 15 °C
Rel. Feuchte	=	80 %
Abkühlungsgröße	=	7,0 - 9,5
Luftgeschwindigk.	=	0,10 - 0,16 m/sec.

Soll in einem Stall eine zufriedenstellende Luftbewegung vorhanden sein, so kann auf funktionstüchtige Be- und Entlüftungseinrichtungen nicht verzichtet werden.

2. Chemische Zusammensetzung der Stalluft

Die reine atmosphärische Luft enthält neben einer Reihe mengenmäßig meist unbedeutender Gase 78,09 % Stickstoff, 20,95 % Sauerstoff, 0,93 % Argon und 0,03 % Kohlendioxyd. Diese chemische Zusammensetzung bleibt durch die fortwährende Regeneration zwischen Tier- und Pflanzenwelt auf der ganzen Erdoberfläche in der bodennahen Luftschicht nahezu gleich (Ober (46);). Dagegen ist die der Stalluft infolge der Atemtätigkeit der Tiere und durch die Zersetzung tierischer Auswurfstoffe manchem Wechsel unterworfen. Dabei spielt nicht nur der Kohlendioxydgehalt, der sich vornehmlich auf Kosten des Sauerstoffes um ein Vielfaches vermehrt, eine Rolle, sondern auch andere Stallgase wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff sind von Bedeutung.

a) Kohlendioxyd

Der Humanhygieniker Pettenkofer (48) stellte als erster eine gewisse Beziehung zwischen dem Kohlendioxydgehalt und dem Verunreinigungsgrad der Luft in menschlichen Wohnungen fest. Er bezeichnet eine Zimmerluft als verdorben, wenn sie einen höheren CO_2-Gehalt als 0,1 % aufweist. Diese Konzentration hat zwar keinerlei schädigenden Einfluß auf die Gesundheit, doch stellt sie einen Indikator dar, der darauf schließen läßt, in welchem Maße die Luft verdorben, beziehungsweise wie groß der Bedarf an Frischluft ist.

In Ställen, die durchgehend dicht mit Tieren besetzt sind, ist der CO_2-Gehalt der Luft meist erheblich höher als 0,1 %, was nach Stietenroth (61) hauptsächlich von der Ausatmungsluft der Tiere herrührt, da eine Kuh stündlich im Durchschnitt 160 L Kohlendioxyd erzeugt. Nach Deutsch (13) tragen auch bakterielle Zersetzungsvorgänge in tierischen Ausscheidungen zur Entwicklung gewisser Kohlendioxydmengen bei, was er durch Messungen in einem unbesetzten, sehr rein gehaltenen Pferdestall beweist, in dem der CO_2-Gehalt mit 0,045 % höher lag als in der Luft im Freien oder im leeren menschlichen Wohnraum. Auch Lehmeyer (38) fand in drei geräumigen, mangelhaft gepflegten Ställen, in denen sich zufällig zur Zeit der Untersuchungen nur wenige Tiere befanden, CO_2-Werte von 0,138 - 0,148 %.

Wie Untersuchungen von Deutsch (13), Frank (18), Lehmeyer (38), Münsterer (42) und Schmidt (54) zeigen, dürfte sich in den meisten Ställen der Kohlendioxydgehalt der Luft im Durchschnitt zwischen 0,3 und 0,4 % bewegen. Aber auch höhere Werte werden angegeben, die in einem von Färber (16) bei Messungen in Ställen des Bayerischen Waldes erhaltenen Durchschnittswert von 0,95 % gipfeln. Doch selbst solche CO_2-Konzentrationen sind noch nicht gesundheitsschädlich; denn nach Hofmann (24) tritt eine Erschwerung der Atmung erst bei etwa 4,0 % CO_2 ein, woran sich der Organismus aber gewöhnen und so selbst noch Konzentrationen bis 5,0 % ertragen kann. Erst bei einem CO_2-Gehalt von über 8,0 % tritt Bewußtseinsstörung und Erstickung ein. Es ist aber nicht zu erwarten, daß der CO_2-Gehalt der Stalluft gesundheitsgefährdernde Höhen erreicht, da selbst die schlechteste Ventilation, wie sie beispielsweise durch Ritzen von Fenstern und Türen erfolgt, noch ausreicht, das Kohlendioxyd in ungefährlichen Grenzen zu halten.

Mit Märker (40) sind Dahmen (12) und Klimmer (33) der Ansicht, daß eine Stalluft mit einem CO_2-Gehalt von 0,25 - 0,30 % als gut zu gelten hat, während mehr als 0,3 % die Luft als verdorben erkennen lassen, wobei 0,4 % die äußerste Grenze darstellen. Nach Märker (40) ist es im Hinblick auf die Stalltemperatur sogar wünschenswert, das Kohlendioxyd auf einer Höhe von 0,25 - 0,30 % zu halten; denn, wie seine Untersuchungen ergeben haben, hat in den meisten Ställen mit einem CO_2-Gehalt der Luft von 0,2 - 0,4 % die Normaltemperatur von 12 - 15 ^{0} C geherrscht. Diese Ansicht fand auch Frank (18) bestätigt, indem er bei 16 Stallungen mit einem CO_2-Gehalt unter 0,3 % nur dreimal eine etwas tiefere Temperatur antraf. Diese 3 Fälle stellten aber insofern eine Ausnahme dar, als zweimal der Stall zu schwach besetzt und einmal zu stark durchlüftet war. Anderer Meinung sind Lehmeyer (38) und Deutsch (13), die bei ihren Untersuchungen nicht finden konnten, daß ein bestimmter, nicht zu geringer Kohlendioxydgehalt der Stalluft etwa deshalb wünschenswert wäre, weil er die optimale Stalltemperatur gewährleistet.

Bei der Frage nach der Verteilung des Kohlendioxyds im Stallraum, liegt es nahe zu glauben, daß die CO_2-Konzentration in Bodennähe am größten sei, wie das beispielsweise in Gärkellern der Fall ist; hat doch das Kohlendioxyd ein höheres spezifisches Gewicht als Luft. Wie Untersuchungen von Frank (18), Schmidt (54) und Stietenroth (61) zeigen, ist das genaue Gegenteil der Fall: Der CO_2-Gehalt der Stalluft ist unter normalen Voraussetzungen unter der Decke am größten. Dieses nur scheinbar paradoxe Verhalten ist leicht damit zu erklären, daß das Kohlendioxyd innig mit der Ausatmungsluft vermischt ist, die ja nahezu körperwarm in den Stallraum tritt und so infolge ihrer Leichtigkeit nach oben steigt.

Der CO_2-Gehalt der Stalluft ist also nicht als unmittelbar gesundheitsschädigendes Moment innerhalb der das Stallklima beeinflussenden Faktoren anzusehen, sondern als Maßstab für den Grad der Verdorbenheit der Stalluft und damit für das Bedürfnis einer Lufterneuerung, wie sie ausreichend nur durch gut funktionierende Be- und Entlüftungsanlagen gewährleistet ist.

b) Ammoniak

Im Stalle entsteht das Ammoniak vorwiegend bei der Zersetzung des Harnstoffes. Ein großer Ammoniakgehalt der Stalluft läßt auf ein langes

Verbleiben des Kotes und des Urins im Stall schließen, wobei entweder der Jaucheabfluß nicht in Ordnung ist oder die Sauberhaltung des Stalles zu wünschen übrig läßt (Stietenroth (61);). Nach Deutsch (13) kann der Beobachter Werte von 0,014 % bereits mit der Nase wahrnehmen. Namentlich in Pferdeställen tritt das Ammoniak - da sich Pferdeharn besonders schnell zersetzt - bei mangelhafter Ventilation oft genug in so erheblichen Mengen auf, daß es die Augenbindehaut und die Schleimhäute der Luftwege reizt. So sind nach Klimmer (33) 0,05 % Ammoniak unschädlich, dagegen wirken 0,1 % nach längerer und 0,5 % schon bei kurzer Einwirkung nachteilig. Dahmen (12) bezeichnet Mengen von 2,5 % als toxisch, während Mengen von 5 % nach 10 Minuten langer Einatmung tödlich sind.

Bei seinen Prüfungen der Luft von Pferdestallungen konnte Deutsch (13) - mit einer Ausnahme - stets Ammoniak nachweisen. Die gefundenen Werte schwankten zwischen 0,0013 % und 0,0177 % Ammoniak. In 13 untersuchten Rinderstallungen waren sechsmal kein Ammoniak und in 7 Fällen Mengen von 0,0026 bis 0,0107 % festzustellen. Die untersuchten Schaf- und Schweineställe wiesen regelmäßig Ammoniak auf. Stietenroth (59), der den Untergrund von Stallböden auf Ammoniak untersuchte, fand dabei Werte von 0,01 - 3,74 Gew.‰, in der Stalluft selbst betrug der höchste Wert 0,0355 Vol.%. Traub (63) gibt dagegen einen gefundenen Höchstwert von nur 0,004 % an.

Eine nicht zu unterschätzende Schädlichkeit des Ammoniaks besteht nach Frank (18) in seiner Fähigkeit, Mauersalpeter zu bilden, der nicht nur das Mauerwerk allmählich zerstört, sondern auch dadurch, daß er von den Tieren oft abgeleckt wird, zu Magen- und Darmerkrankungen führt.

Deutsch (13) konnte keinerlei Beziehungen zwischen dem Ammoniakgehalt und anderen die Qualität der Stalluft beeinträchtigenden Faktoren feststellen, da dieser allein von der Verunreinigung der Ställe und der Behandlung tierischer Ausscheidungen abhängig ist. So kommt Honold (25) zu dem Schluß, daß in Ställen, die Anspruch auf Hygiene haben, der Ammoniakgehalt 0,005 % nicht überschreiten sollte.

c) Schwefelwasserstoff

Der Schwefelwasserstoff ist ein Gas mit Giftwirkung, das bei Fäulnisprozessen vornehmlich in Abort- und Jauchegruben entsteht und somit zu einer mehr oder weniger starken und schädlichen Luftverunreinigung

führen kann (Klimmer (33);). Sein typischer Geruch nach faulen Eiern kann schon beim Auftreten der geringen Menge von 1/5000 g (Dahmen (12);) wahrgenommen werden. Ein Gehalt von nur 0,005 % (Roots-Haupt-Hartwigk (53);) verursacht akute bzw. chronische Entzündungen der Bindehaut und der Schleimhäute der Atmungsorgane. Beim Einatmen höherer Konzentrationen als 0,15 %, treten Bewußtlosigkeit, Krämpfe und Atemlähmung in kürzester Zeit ein.

Nach Stietenroth (61) ist Schwefelwasserstoff - ausgenommen bei Ställen, die über Güllegruben liegen - nur in Spuren in der Stalluft vorhanden, so daß eine qualitative Bestimmung z.B. mit Bleiacetatpapier ausreicht. Traub (63) stellte in zwei sehr unsauber gehaltenen Stallungen Schwefelwasserstoff in Mengen von 0,0005 und 0,0001 % fest. Dagegen gelang es Deutsch (13) niemals, in der Luft von Pferde-, Rinder-, Schweine- und Schafstallungen gewöhnlicher Bauart Schwefelwasserstoff auch nur in Spuren nachzuweisen.

In Ställen ohne Güllebetrieb spielt also der Schwefelwasserstoff eine nur untergeordnete Rolle, da er höchstens bei Unsauberkeit in unbedeutenden Spuren anzutreffen ist. Deshalb kann ohne weiteres gefordert werden, daß in einem hygienischen Stall kein Schwefelwasserstoff nachweisbar ist.

C. Be- und Entlüftung

Die Lüftung des Stalles hat die Aufgabe, die verbrauchte, mit Wasserdampf, Kohlendioxyd und lästigen Geruchsstoffen beladene, sauerstoffarme und oft auch zu hoch temperierte Stalluft durch Frischluft zu ersetzen. Unter "Belüftung" ist die Zuführung von Frischluft, unter "Entlüftung" die Ableitung der Stalluft zu verstehen. Beide Vorgänge hängen eng miteinander zusammen; denn eine jede Luftmenge, die aus dem Stall entfernt wird, muß durch eine gleich große Luftmenge von außen her ersetzt werden (Ober (46);). So muß eine gute Stallüftung Be- und Entlüftung zugleich besorgen und dabei ohne lästigen Zug arbeiten. (Nusshag (43);). Ein Austausch von Luft zwischen Stall und Außenraum erfolgt aber nur (Cords-Parchim (11);), wenn das Gleichgewicht zwischen innen und außen gestört ist; denn solange in gleicher Höhe nebeneinanderliegende Luftschichten gleich schwer sind, haben sie keinen Anlaß, sich zu verschieben. Wird dagegen ein Teil durch Erwärmung, d.h. durch Ausdehnung, leichter, so sucht der danebenliegende kältere und daher schwerere

Luftteil sich unter den wärmeren und daher leichteren zu schieben, wodurch die Luft in Bewegung kommt. Weiter kann durch Druck, durch Verdichten oder Verdünnen des einen Luftkörpers das Gleichgewicht ebenfalls gestört und die Umschichtung der Luft eingeleitet werden. So wird nach Cords-Parchim (11) eine Gleichgewichtsstörung, eine Luftbewegung und damit die Lüftung des Stalles hervorgerufen durch:

a) Erwärmung des einen der auszutauschenden Luftkörper (Wärmelüftung),

b) Druck des Windes (Windlüftung) und

c) Pressen, Verdichten oder Verdünnen, Hereindrücken oder Hinaussaugen von Luft mit Ventilatoren (Kraftlüftung).

Demgemäß werden eine freie natürliche Lüftung durch Erwärmung und Windanfall und eine Zwangslüftung durch Druck- oder Sauglüfter unterschieden.

1. Freie natürliche Lüftung

Über die freie Lüftung sagt Stietenroth (61), daß sie eine Behelfslüftung darstellt, deren Wirkung von den Außenluftverhältnissen abhängt; denn der Auftrieb erwärmter Luft ist nämlich nur dann nutzbar, wenn die Außentemperatur mindestens um 5 ^{o} C tiefer liegt als die der Stalluft. Bei Außenlufttemperaturen von etwa 10 ^{o} C und mehr, ist diese Lüftungsmethode also ziemlich wirkungslos. Inwieweit dann der Wind als Antriebskraft eine Lufterneuerung herbeiführt, hängt weitgehend von der geographischen Lage des Standortes ab.

Der einfachste Luftaustausch, wie er in jedem Stall möglich ist, geschieht durch Fugen, Ritzen und Spalten der Fenster und Türen, die nie ganz dicht sind. Von dieser unzureichenden Ventilation kann bestensfalls nur bei reichlichem Wind eine spürbare Wirkung erwartet werden. Doch stellt sie in vielen Ställen, namentlich im Winter, die einzige Möglichkeit des Luftaustausches dar. Im Sommer dagegen ist die Lüftung von Ställen, die über keine besonderen Lüftungsanlagen verfügen, kein allzu großes Problem, da sie durch offene Türen und Fenster weitgehend geregelt werden kann. So bezeichnet Nusshag (43) eine "Querlüftung", wie sie durch zwei einander gegenüberliegende, hoch oben angebrachte Kippfenster entsteht, als unübertroffen, weil sie sich durch stufenweises Öffnen der Fenster dem jeweiligen Lüftungsbedürfnis anpassen läßt und so die ge-

samte Stalluft rasch erneuert, ohne die Tiere durch Zugluft zu belästigen. Auch Türen können zur Lüftung des Stalles herangezogen werden, zumal wenn sie in einen unteren und einen oberen Flügel geteilt sind, wobei letzterer im Sommer am besten dauernd geöffnet bleibt. In der kalten Jahreszeit kann die Tür- und Fensterlüftung aber keine ausreichende Gewähr für eine den Tieren und dem Baumaterial zuträgliche Lufterneuerung bieten, weshalb sie nur als eine wertvolle Zusatzeinrichtung für vorhandene Lüftungsanlagen gelten kann.

Eine weitere Möglichkeit der Stallüftung bieten die häufig anzutreffenden Futterluken, durch deren weite Öffnung die Frischluftzufuhr von der Scheune her erfolgt. Der Vorteil einer derartigen Zuführung liegt nach Ober (46) darin, daß die dem Tennenraum entnommene Luft dem unmittelbaren Windeinfluß entzogen ist. Da die Lufttemperatur der Scheune in den warmen Stunden des Tages nicht so hoch ansteigt wie im Freien, ist es nach Stietenroth (61) sogar naheliegend, die Zuluft für den Stall aus dem Scheunenraum zu beziehen, wenn dieser kühler ist als die Außen- und die Stalluft. Bei alleiniger Lüftungsfunktion solcher Futterluken besteht die Gefahr, daß sich austretende feuchte Stalluft oben am Heuboden niederschlägt und das Futter verdirbt. Um das zu vermeiden, schlägt Ober (46) die Anbringung eines Abluftschachtes vor, der ergänzend die Entlüftung übernimmt.

Ein verbreitetes Verfahren, die Ventilationswirkung zu steigern, besteht in der Anordnung kleiner Mauerlöcher oder Tonrohre in Deckenhöhe, bzw. in einfachen Aussparungen zwischen den Deckenbalken, die an einer oder an zwei einander gegenüberliegenden Seiten angebracht sind. Solche Vorrichtungen hält Nusshag (43) für im Grund unzureichend, da sie meistens zu klein sind, um eine ordentliche Lüftung zu gewährleisten. Auch Ober (46) sieht in ihnen keine Lösung der Stallüftungsfrage. Ihren Zweck als Zuluftkanäle erfüllen sie nur beschränkt, zumal die ergänzende Entlüftungseinrichtung meist fehlt. Daher entspricht einzig ihre Anordnung in Deckenhöhe den allgemeinen Richtlinien; denn die Zuluft darf nicht, wie es lüftungstechnisch am zweckmäßigsten wäre, in Bodennähe dem Stall zugeführt werden, weil sie so die Tiere unmittelbar treffen und ihnen Schaden zufügen würde. Sie könnte nämlich dabei sowohl als Zugluft auftreten als auch infolge ihrer geringeren Wärme und damit ihrer Schwere am Boden verharren, den Stallraum also ungenügend durchdringen und so größere Temperaturunterschiede zwischen dem oberen und unteren Stallteil schaffen, was zum Auftreten von Erkältungskrankheiten führen würde.

Dagegen sinkt die oben eingeführte Frischluft allmählich herab, wodurch sie sich langsam verteilt und dabei gleichzeitig erwärmt.

Eine häufig anzutreffende Möglichkeit, der verbrauchten Stalluft Abzug zu verschaffen, bietet ein offener Heuabwurf, wie ihn Krüger (35) bei seinen stallklimatischen Untersuchungen in Rinder- und Schweineställen der oberrheinischen Tiefebene häufig antraf, wobei die Frischluftzufuhr durch die offenen Oberlichter der Fenster erfolgte. Zweifelsohne ist diese Lüftungsart der Stalluftverbesserung dienlich, doch besteht gleichzeitig die Gefahr, daß sich die feuchte Stalluft oben am gelagerten Futter als Tauwasser oder Reif niederschlägt und es damit verdirbt.

Auf alle bisher beschriebenen Lüftungsarten kann sich der Wind fördernd oder hemmend auswirken. Damit er sich aber nur lüftungsfördernd und höchstens in Ausnahmefällen störend auswirkt, ist die Luftabführung aus dem Stallraum über den Dachfirst hinaus zu verlegen; denn erst in freier Höhe ist der Einfluß des Windes unter Kontrolle zu bringen. Dazu sind aber Abluftschächte erforderlich, die nach bestimmten Gesichtspunkten bemessen, angeordnet und ausgeführt sein müssen (Ober (46);). Nach Stietenroth (61) soll ein Abluftschacht einen kreisrunden bzw. quadratischen Querschnitt zwischen 40 x 40 und 100 x 100 cm haben. Seine Wandung muß dicht, glatt und wärmedämmend sein, damit die aufsteigende Stalluft nicht so rasch abkühlt, wodurch sich Schwitzwasser an der Schachtinnenwand niederschlagen und in den Stall zurücktropfen würde. Wie Untersuchungen von Kugler (36) über die Wirkung verschieden weit in den Stall hinabreichender Dunstschlote ergaben, weist der Deckenschlot eine konstantere und um 54 % höhere Luftgeschwindigkeit auf als der Bodenschlot. Demzufolge ist die Schachteinmündung unmittelbar unter der Stalldecke anzuordnen, also dort wo sich ja auch die verbrauchte Luft hauptsächlich befindet. Über die Ausmündung sagt Stietenroth (61), daß sie am zweckmäßigsten oberhalb des Dachfirstes erfolgt; denn je höher die Ausmündung der Abluft gegenüber der Einmündung der Zuluft liegt, umso günstiger wirkt sich der Auftrieb der erwärmten Stalluft aus. Nach Shier (57) sollte der obere Teil des Abluftschachtes wenigstens 60 cm über das Dach des Stalles wie auch über nahe Bäume und Gebäude hinausragen, damit er dem Wind von allen Seiten zugänglich ist, dessen Geschwindigkeit ja einen wichtigen Faktor für die richtige Tätigkeit des Abluftschachtes darstellt. Als oberen Abschluß des Schachtes empfehlen Shier (57) und Zorn (66) ein möglichst flach gehaltenes, an seiner Unterseite isoliertes Dach, das in einer Höhe, die der halben Schachtweite

entspricht, über der Mündung der Luft angeordnet wird, wodurch große Ausströmquerschnitte nach allen vier Seiten entstehen.

Damit nun diese Schwerkraftlüftung auch bei Windstille gut funktionieren kann, ist es nach Zorn (66) von größter Bedeutung, die Querschnitte der Zuluftkanäle so zu bemessen, daß ein ausreichender Luftwechsel stattfinden kann. Nach Stietenroth (61) soll die Summe der Querschnitte von Zuluftkanälen den Abluftquerschnitten gleich sein. Dagegen gesteht ihnen Cords-Parchim (11) nur einen Bruchteil der Abluftquerschnitte zu, um damit gleichzeitig die unkontrollierbare Zuluft durch Fugen und Ritzen zu erfassen. Durch Abdichten von Wänden, Türen und Fenstern empfiehlt Shier (57) solche unbestimmbaren Ventilationsmöglichkeiten auszuschalten, um nur noch kontrollierbare Einströmöffnungen zur Verfügung zu haben.

2. Zwangslüftung

Völlige Unabhängigkeit von Wärme und Wind gewährleisten nur mit künstlicher Kraft angetriebene Lüfter, wie sie Elektroventilatoren darstellen. In den letzten Jahren haben solche Ventilatoren über Amerika, Schweden und Holland auch in Deutschland vereinzelt Eingang gefunden und die Abluftschächte abgelöst. In der Tatsache, daß sie neben den Anschaffungs- auch laufende Betriebskosten verursachen, ist wohl der Grund dafür zu sehen, daß sie noch nicht Allgemeingut geworden sind. Wie wenig stichhaltig aber das Argument der Ablehnung wegen der zu hohen Kosten ist, konnte Ober (46) in einer Versuchsausführung zeigen, bei der die Anschaffungs-, Installations- und Einbaukosten insgesamt um etwa 20 - 35 % niedriger lagen als die Kosten für einen Abluftschacht in der traditionellen Holzkonstruktion. Außerdem sind die heute zur Stallüftung angebotenen Ventilatoren so durchkonstruiert, daß sie trotz großer Luftförderleistung und hohem statischen Druck verhältnismäßig wenig Strom verbrauchen. Nach Shier (57) benötigen 25 Kühe etwa 42 450 L Luft pro Minute, wozu ca. 100 Watt notwendig wären, um den Ventilator zu betätigen, der diese Luftmenge herbeischaffen soll. Für kleinere Ställe kann eine entsprechend geringere Kraftleistung veranschlagt werden. Weitere Vorteile des Ventilators gegenüber dem Abluftschacht sind die geringere Platzbeanspruchung und die wesentlich einfacheren Einbaumöglichkeiten; denn zu seiner Anlage sind weder Decken- noch Dachdurchbrüche nötig. Allem voran steht aber der Vorzug der sowohl bei milder als auch bei kalter Witterung absolut sicheren Luftlieferung, der den Einsatz eines Kraftlüfters immer lohnt.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. Material und Methodik

1. Das Untersuchungsgebiet

Alle untersuchten Stallungen liegen im Landkreis Säckingen, der im Süden an den Hochrhein (Kanton Aargau/Schweiz), im Osten an den Kreis Waldshut, im Norden an den Kreis Neustadt (Hochschwarzwald) und im Westen an den Kreis Lörrach grenzt. Die Einwohnerzahl betrug am 30. September 1960 65 609. Der östliche Teil des Kreises gehört zum Hotzenwald und weist gegenüber dem westlichen Teil, dem Rheintal und Dinkelberg, einen Höhenunterschied von 295 - 953 m ü.M. auf. Das Kreisgebiet umfaßt 53 Gemeinden auf 356 qkm und 35 511 ha. Davon entfallen 4 704 ha auf Ackerland, 11 537 ha auf Grünland und 15 354 ha auf Waldbesitz. Die Besitzverhältnisse des Waldes verteilen sich auf 21 % Staatswald, 19 % Gemeinden und Körperschaften sowie 60 % Privatwald. Das bedeutet, daß die kleinbäuerliche Struktur der Landwirtschaft im Waldeigentum noch einige Reserven besitzt. Im 600 - 800 m hoch gelegenen Hotzenwald herrscht die Grünlandwirtschaft bei hohen Niederschlagsmengen vor. Das Rheintal und der südliche Dinkelberg werden vorwiegend ackerbaulich genutzt.

Die geologischen Verhältnisse im Gebiet des Landkreises sind mannigfaltig. Zwischen den Flüssen Wehra und Alb (Hotzenwald) bilden Urgesteine das geologische Substrat. Die Gesteine bestehen vorwiegend aus Gneis, Granit und Porphyr. Stellenweise lagern Buntsandsteinschichten darüber. Im Rheintal sind Sand- und Kiesböden zu finden und der hügelige Dinkelberg besteht aus Muschelkalk der Trias-Formation. Buntsandsteinböden sind nährstoffarm und sauer (p_H-Wert 4 - 6), während die Ablagerungsböden kalkhaltig sind und eine Kultivierung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen ermöglichen.

Das Klima wird im wesentlichen von der Jahresdurchschnittstemperatur, den Niederschlägen und der Luftbewegung bestimmt. Im Rheintal beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur 9,7 ^{o} C und im Hotzenwald 6 ^{o} C. Früh- und Spätfröste treten in den Höhenlagen häufig auf. Die Niederschläge betragen im Rheintal im langjährigen Mittel 1007 mm und im Hotzenwald 1532 mm. Im Bergland muß man durchschnittlich mit 3 Mo-

nate langem Schnee rechnen. Die Luftbewegung in dem vor kalten Nordwinden geschützten Rheintal ist mäßig. In Höhenlagen ist die Luft bedeutend stärker bewegt und von Norden und Osten her oft sehr kalt. Die Vegetationsunterschiede zwischen Tal- und Höhenlagen betragen im Durchschnitt der Jahre 3 - 4 Wochen.

Das gesamte Gebiet war ursprünglich von Kelten besiedelt, die jedoch später von den Römern verdrängt wurden, von deren Anwesenheit zahlreiche Funde Zeugnis geben. Das Christentum konnte unter der Regierung Chlodwigs (481 - 511 n.Chr.) durch die Tätigkeit der iro-schottischen Mission (St. Fridolin) endgültig am Hochrhein Fuß fassen.

Die Alemannen waren in jener Zeit Bauern. Als Untertanen der Grundherren waren sie nicht immer kritiklos und hörig. Oft hatten Bauernaufstände im Hotzenwald ihren Ursprung. Durch die ungünstigen natürlichen Verhältnisse war die Bewirtschaftung des Bodens immer schwierig. So trieb die wirtschaftliche Not viele über die Grenzen der Heimat nach Ungarn, Rumänien, Jugoslawien usw.. Dennoch bleib das Bauerntum bis in die Gegenwart erhalten.

Die Bevölkerung gehört dem alemannischen Kulturkreis an. Das heutige Bauerntum ist noch vom alten Standesbewußtsein geprägt und übernimmt nur sehr vorsichtig und zögernd die betriebswirtschaftlichen Erkenntnisse der Landwirtschaft. In der Siedlungsform herrscht in den Gebirgslagen das typische uralte Hotzenhaus vor, wo Wohnung, Stall und Wirtschaftsgebäude unter einem weit heruntergezogenen Dach untergebracht sind. Im Rheintal und Dinkelberggebiet ist das Eindachhaus zu finden, das etwas geräumiger ausgestattet ist. Im Gebirge wurde mit Bruchsteinen und Holz gebaut, während im Tal zum Bau nur Bruchsteine verwendet wurden.

Das Kreisgebiet gehört zu den Realteilungsgebieten Badens. Die Bewirtschaftungsformen der Flächen erstrecken sich vom Ackerbau bis zur ausschließlichen Grünlandnutzung. Der Privatwaldbesitz ist mit 60 % sehr beachtlich und bietet namentlich den reinen Grünlandbetrieben einen starken wirtschaftlichen Rückhalt. Die Betriebsgrößen verteilen sich mit:

880	Betrieben	=	23,1 %	unter	2 ha
1140	"	=	30,0 %	von	2 - 5 ha
1052	"	=	27,7 %	"	5 -10 ha
568	"	=	15,0 %	"	10 -20 ha
103	"	=	2,7 %	"	20 -30 ha
48	"	=	1,3 %	"	30 -50 ha
8	"	=	0,2 %	"	50 und mehr ha.

Das Kulturverhältnis im Anbau von Pflanzen bei ackerbaulicher Nutzung der Flächen verteilt sich auf

23 % Weizen
26 % Roggen
10 % Gerste
24 % Hafer
2 % Menggetreide
12 % Kartoffel und Rüben
3 % Ackerfutter.

Die Viehhaltung hat eine große Bedeutung; sie umfaßt

116 Pferde
16 605 Stück Rindvieh (davon 8 735 Kühe)
406 Schafe
6 436 Schweine (davon 232 Zuchtschweine)
679 Ziegen
44 570 Hühner.

In den Talgemeinden wird Fleckvieh, in Höhenlagen das Vorderwäldervieh gehalten und gezüchtet. Die Futtergrundlage bilden das Grünland als Wiese und Weide sowie die Erzeugnisse aus dem Ackerfutterbau. Die durchschnittliche Milchleistung der unter Kontrolle stehenden Kühe ergibt eine Jahresmenge je Kuh von 2 985 kg Milch. Teilweise werden die Kühe noch zu leichterer Arbeit herangezogen.

Da Rind und Schwein die Viehhaltung beherrschen, hat man oft beide in einem Stall. Die Stallgebäude selbst sind vorwiegend aus Bruchstein erstellt, haben kleine Fenster und sind oft zu knapp bemessen. Das Mauerwerk ist häufig schlecht oder überhaupt nicht gegen Feuchtigkeit isoliert. Die Aufstallung ist beengt; neben einem schmalen Mistgang stehen die Tiere gewöhnlich auf Kurzständen und das Futter wird direkt von der Tenne aus durch Futterluken gereicht. Trotz der allgemeinen regen Bautätigkeit wurde im Kreis Säckingen erst ein einziger neuer Aussiedlungshof erbaut.

2. Durchführung der Untersuchungen

Der Hauptteil meiner stallklimatischen Untersuchungen fand zwischen dem 19. Februar und 9. März 1960 bei winterlicher Witterung statt und erstreckte sich auf insgesamt 100 Stallungen in 7 Ortschaften. Sie umfaßten 77 Rinder-

16 gemischte-, 6 Schweineställe und einen Pferdestall. Ihr Alter belief sich auf ca. 30 bis über 200 Jahre. Neuere, in den letzten 10 Jahren erbaute Ställe traf ich nur zweimal (Stall No. 72 und 92) an. Bei ihrer Auswahl kam es mir aber weniger auf Art und Alter der Ställe als vielmehr darauf an, möglichst alle im Untersuchungsgebiet üblichen Be- und Entlüftungsmethoden zu erfassen. Sämtliche Messungen führte ich am Tage in der Zeit zwischen 9^{00} und 17^{00} Uhr durch, also mehrere Stunden nach der morgendlichen und kurz vor der abendlichen Stallarbeit, um so diejenigen stallklimatischen Verhältnisse anzutreffen, denen die Tiere den Großteil ihres Stallaufenthaltes ausgesetzt sind. Um die Frage zu beantworten, weshalb es nicht gleichgültig ist, zu welcher Tageszeit gemessen wird, untersuchte ich am 18. und 19. April 1960 weitere 3 Stallungen, in denen ich innerhalb 24 Stunden turnusmäßig alle 3 Stunden das Stallklima bestimmte. Ergänzend zu den Wintermessungen führte ich in der Zeit vom 13. bis einschließlich 15. Juni 1960 bei sommerlich warmem Wetter in 20 der bereits im Winter untersuchten Ställe vergleichende Sommermessungen durch, um damit die erheblichen Veränderungen des Stallklimas im jahreszeitlichen Wechsel aufzuzeigen. Da 26 der 100 Ställe einen Abluftschacht besaßen, unterwarf ich 6 davon einer speziellen Untersuchung, indem ich zwischen dem 23. und 27. August 1960 mit je 6 Messungen die Funktionstüchtigkeit der Abluftschächte prüfte. In derselben Art führte ich in 3 dieser 6 Stallungen am 7. Januar 1961 je zwei vergleichende Wintermessungen durch.

Vor Beginn der Untersuchungen fertigte ich mir vorgedruckte Karten zur Notierung der ermittelten Werte an, auf denen ich folgende Daten festhielt:

1) Baumaterial der Umfassungsmauern
2) Baustoff der Stalldecke
3) Wandstärke
4) Kubatur des Stalles
5) Zahlenmäßiges Verhältnis der Fenster- zur Bodenfläche
6) Bestand an Rindern einschließlich Jungvieh (R), Schweinen (S), Pferden (P) und Ziegen (Z).
7) Anzahl der Großvieheinheiten (GVE)
8) Luftraum pro GVE
9) Kohlendioxydgehalt der Stalluft
10) Lufttemperatur
    a) außen
    b) in der Mitte des Stalles
    c) an der Stallwand

11) Relative Luftfeuchtigkeit
    a) außen
    b) in der Mitte des Stalles
    c) an der Stallwand
12) Luftbewegung
    a) in der Mitte des Stalles
    b) an der Stallwand
13) Lüftungseinrichtungen.

3. Beschreibung der Meßinstrumente

a) Polymeter

Die Bestimmung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mit dem Lambrecht-Polymeter. Dieses Gerät besteht aus einem Hygrometer, das mit einem Quecksilberthermometer kombiniert ist. Als Meßelement dient ein Pernix-Haarstrang, dessen Länge sich bei wechselndem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft verändert. An seinem unteren Ende ist er mit einem Zeiger gekoppelt, der diese Längenänderung registriert, indem er sich über eine Skala bewegt, auf deren Einteilung die relative Feuchte direkt abgelesen werden kann. Um Fehlanzeigen zu vermeiden, die durch Zerrung oder Austrocknung des Haarstranges während des Transportes bedingt sein können, muß das Gerät vor Ingebrauchnahme zunächst geeicht werden. Zu diesem Zweck wird es mit einem nassen Tuch umhüllt und so etwa 1/2 Stunde lang frei aufgehängt. Hat sich in dieser Zeit der Zeiger nicht auf 95 - 96 % eingestellt, so ist er mittels einer verstellbaren Richtschraube auf diesen Stand zu bringen. Die mit dem Polymeter erhaltenen Meßwerte wurden in etwa mittlerer Stallhöhe sowohl in der Mitte als auch an der Wand des Stalles ermittelt.

b) Gasspürgerät

Der CO_2-Gehalt der Stalluft wurde mit dem Drägerschen Gasspürgerät bestimmt. Dieses Gerät besteht aus einer handlichen Saug-Balgpumpe, die mit einem Ausstoß- und einem Ansaugventil versehen ist. Als Meßelement dient ein gläsernes Prüfröhrchen, das nach jeder Messung erneuert werden muß. Es enthält eine kristalline Reaktionsmasse, die in der Weise eines Redox-Indikators auf hinzutretendes Kohlendioxyd mit Violettfärbung reagiert. Die aufgedruckte Skala umfaßt einen Meßbereich von 0 - 1 % und

gestattet Ablesungen, die auf 5/100 % genau sind. Die beiden spitzen Enden des Röhrchens sind zugeschmolzen und müssen vor Gebrauch an einer dafür bestimmten Metallöse des Gerätes abgebrochen werden. Das so geöffnete Prüfröhrchen wird mit seinem oberen Ende fest in die Öffnung des Ansaugventils, die mit einer Gummidichtung versehen ist, eingeschoben. Der Gummibalg faßt eine Luftmenge von genau 100 ccm, die beim Zusammendrücken aus dem Ausstoßventil entweicht. Nach Loslassen der Pumpe, dehnt sie sich von selbst wieder aus, wodurch die zu untersuchende Luft durch das Prüfröhrchen über das Ansaugventil in den Balg eingesogen wird. Diese einströmende Luftmenge ist durch den Hub, der von einer sich langsam und gleichmäßig entspannenden Feder gesteuert wird und durch die Abmessung des Balges definiert. Dazu kommt die Anzahl der Saugakte, die hierbei mit 5 pro Messung vorgeschrieben ist. Im Reaktionskörper des Prüfröhrchens erreicht die von der Eintrittsstelle ausgehende Farbumschlagszone einen bestimmten Stand, der an der Skala als prozentualer CO_2-Gehalt der untersuchten Luft direkt abgelesen werden kann. Um auf ein durchschnittliches Meßergebnis zu kommen, hielt ich das Gerät während der Hubakte in halber Stallhöhe und ging dabei langsam hinter den Tieren entlang.

c) Katathermometer

Die Geschwindigkeit der Luftbewegung wurde mit dem Katathermometer ermittelt. Bei diesem Gerät handelt es sich um ein stabförmiges ganz aus Glas bestehendes Alkoholometer, das an seinem unteren Ende eine größere mit gefärbtem Alkohol gefüllte Erweiterung besitzt. Auch das obere Ende ist in Form einer kleinen Kugel ausgebuchtet. Das Mittelstück trägt zwei Markierungen, die einem Temperaturstand von 38 bzw. 35 ^{o} C entsprechen. Vor Gebrauch ist das Gerät mit seiner unteren Erweiterung solange in ein Wasserbad von 50 - 80 ^{o} C zu tauchen, bis der aufsteigende Alkohol die obere Kugel zu etwa 1/3 gefüllt hat. Danach muß es sorgfältig abgetrocknet und schwingungsfrei am Messungsort aufgehängt werden. Mittels einer Stoppuhr wird nun die Zeit bestimmt, die der Alkoholfaden braucht, um von der oberen zur unteren Marke abzusinken. Dem Katathermometer ist eine Gerätekonstante aufgeätzt, die von der Wärmekapazität, der Form und Dimension des Gerätes abhängt. In meinem Fall betrug sie 424. Wird nun diese Konstante durch die in Sekunden gestoppte Zeit dividiert, so ergibt sich daraus zunächst die Abkühlungsgröße. Außer ihr ist zur Ermittlung der Luftgeschwindigkeit noch die Kenntnis der Tem-

peratur am Messungsort erforderlich. An einer Tabelle kann die durch Temperatur und Abkühlungsgröße bestimmte Luftbewegungsgeschwindigkeit in m/sec aufgesucht werden, wobei etwaige Zwischenwerte interpoliert werden müssen. Bei meinen Messungen ermittelte ich die Luftbewegung jeweils an denselben Stellen, an denen ich das Polymeter aufgehängt hatte, also in etwa mittlerer Stallhöhe sowohl in der Mitte als auch an der Wand des Stalles.

B. Untersuchungsergebnisse

1. Sommermessungen

Um zu zeigen, wie sehr sich die Stalluftverhältnisse im Sommer von denen im Winter unterscheiden und weshalb es aufgrund der während der warmen Jahreszeit ermittelten Meßergebnisse unmöglich ist, sich ein umfassendes Bild von der Wirkungsweise der das Stallklima beeinflussenden Gegebenheiten der Stallungen zu machen, führte ich 20 vergleichende Sommermessungen durch. Zu diesem Zweck suchte ich mir aus den im Winter untersuchten Ställen 10 alte Stallungen mit schlechten Winterergebnissen und 10 renovierte und neuere Ställe mit guten Winterergebnissen heraus, um deren raumklimatische Veränderungen im jahreszeitlichen Wechsel zu prüfen.

In der ersten Gruppe handelte es sich um die Ställe No. 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 17, 18 und 80, in der zweiten Gruppe um die Ställe No. 54, 57, 66, 67, 70, 71, 73, 74, 76, und 92.

Die im Sommer erhaltenen Untersuchungsergebnisse zeigten im durchschnittlichen Vergleich zu denen im Winter folgendes Bild:

Gruppe I: Alte Ställe mit schlechten Winterergebnissen

	CO_2-geh.	Temperatur außen	Temperatur innen Mitte	Temperatur innen Wand	Rel. Feuchte außen	Rel. Feuchte innen Mitte	Rel. Feuchte innen Wand	Luftbewegung Mitte	Luftbewegung Wand
Winter messung	0,44	7,8	18,5	17	78,6	79,4	83,3	0,08	0,08
Sommer-messung	0,18	24,3	22,4	22,5	52,4	73,9	77,2	0,13	0,10

Gruppe II: Renovierte und neuere Ställe mit guten Winterergebnissen

	CO_2-geh.	Temperatur außen	Temperatur innen Mitte	Temperatur innen Wand	Rel. Feuchte außen	Rel. Feuchte innen Mitte	Rel. Feuchte innen Wand	Luftbewegung Mitte	Luftbewegung Wand
Winter-messung	0,23	6,4	14,5	13,7	84,5	76,5	77,4	0,15	0,11
Sommer-messung	0,05	25,9	23,4	23,4	47,6	68,9	71,2	0,24	0,16

Da bei den durchschnittlichen Außentemperaturen von 24,3 und 25,9 °C die natürlichen Lüftungsmöglichkeiten in allen Ställen weitgehend in Anwendung gebracht waren, zeigen die Untersuchungen, daß sich das Stallklima in der warmen Jahreszeit weitgehend den äußeren Verhältnissen anpaßt. Dabei kann nur der Wind die treibende Kraft für den natürlichen Luftaustausch liefern; denn die Differenz zwischen Außen- und Stalltemperatur ist mit durchschnittlich 1,9 bzw. 3,5 °C viel zu gering, um eine Schwerkraftlüftung zu ermöglichen. Obwohl sich die im Winter gezeigten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen auch im Sommer bemerkbar machen, reichen aus den oben genannten Gründen Sommermessungen doch nicht aus, um genaue Feststellungen über die Wirksamkeit der das Raumklima beeinflussenden Gegebenheiten eines Stalles treffen zu können.

2. Turnusmessungen

Nicht nur im jahres- sondern auch im tageszeitlichen Wechsel ändert sich das Stallklima. Um das zu zeigen, führte ich Turnusmessungen durch, deren Ergebnisse ich zur besseren Veranschaulichung graphisch darstellte. Für die Messungen suchte ich mir drei Ställe in meinem Heimatort aus und prüfte während 24 Stunden jeweils alle drei Stunden

a) den CO_2-Gehalt der Stalluft in 1 m Höhe und unter der Decke,

b) die Temperatur in der Stallmitte und an der Wand

c) die relative Feuchte in der Mitte und an der Wand und

d) die Geschwindigkeit der Luftbewegung ebenfalls in der Mitte des Stalles und an der Wand.

Um die klimatischen Schwankungen in den Ställen möglichst genau und unbeeinflußt von störenden Momenten erfassen zu können, ließ ich während der 24-stündigen Untersuchungszeit alle Türen und Fenster (andere Lüftungsmöglichkeiten waren in den Ställen nicht vorhanden) schließen und nur einmal während der abendlichen Stallarbeit kurz öffnen. Ich begann mit den Messungen gegen 8^{00} Uhr des einen Tages und beendete sie gegen 6^{00} Uhr des anderen Tages, wodurch ich mit der morgendlichen Stallarbeit nicht in Berührung kam.

Am Untersuchungstage war der Himmel stark bedeckt, und während der Nacht herrschte zeitweise ein leichter Nieselregen. Dabei betrug die Temperatur um 8^{00} Uhr $8\,^{o}$ C. Bis 15^{00} Uhr stieg sie allmählich auf $10\,^{o}$ C an, um dann wieder bis gegen Morgen auf $7\,^{o}$ C abzusinken. Die relative Feuchtigkeit stand bei Untersuchungsbeginn auf 69 % und erreichte gegen 5^{00} Uhr morgens eine Höhe von 98 %.

Die unveränderlichen Daten der untersuchten Ställe sind folgende:

Stall-No.	Baumaterial		Wand-dicke in cm	Kubatur in m^3	Fenster- zu Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE
	Wände	Decke						
I	Back-stein	Holz	27	186	1 : 33	15R/1S	11	17
II	Bruch-stein	Holz	60	232	1 : 62	13R	10	23
III	Back-stein	Holz	40	143	1 : 16	11R/2S	12	12

Diagramm No. 3

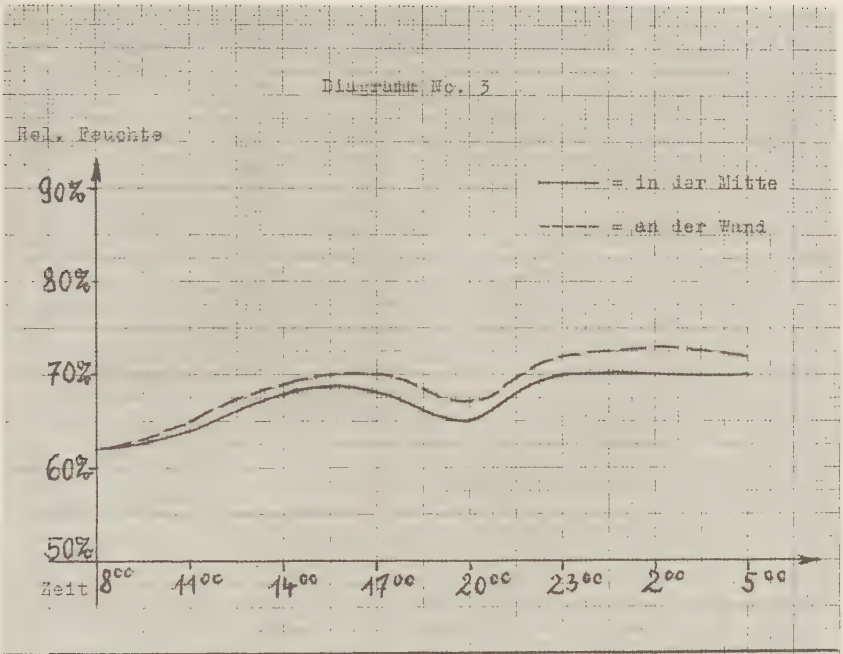
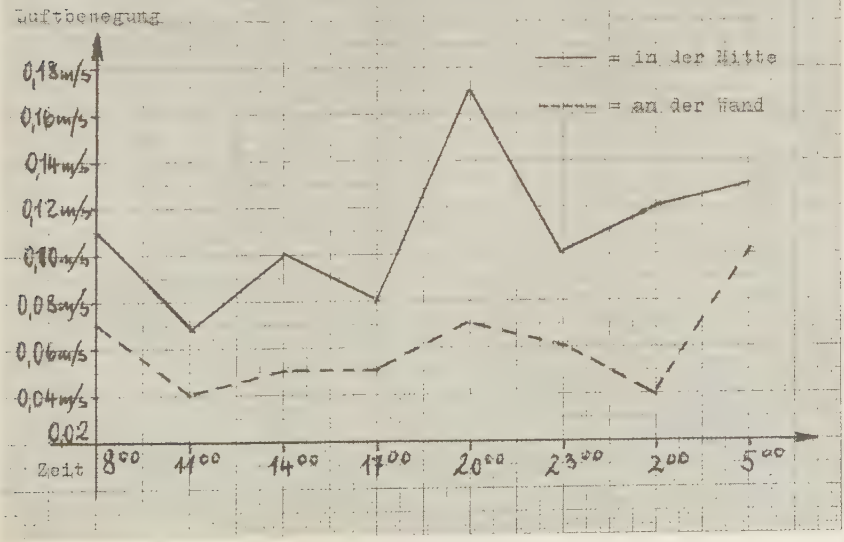


Diagramm No. 4



Stall No. I

Diagramm No. 1

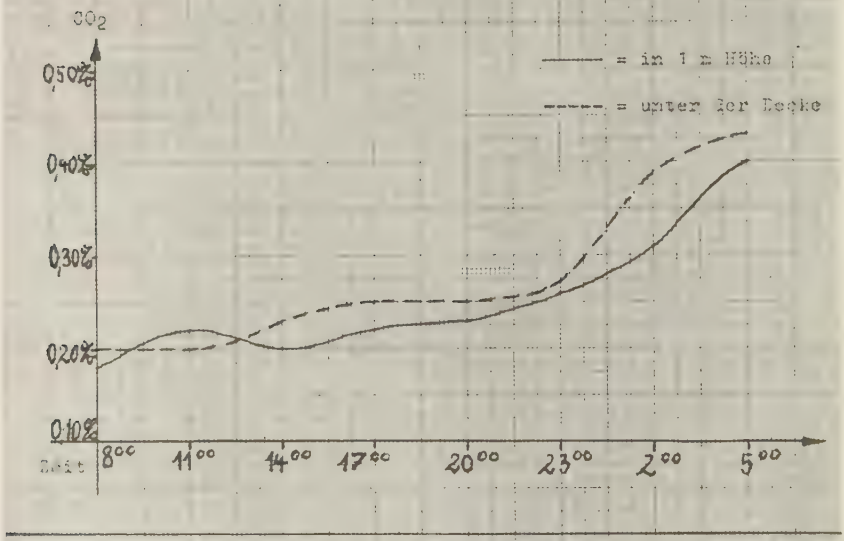
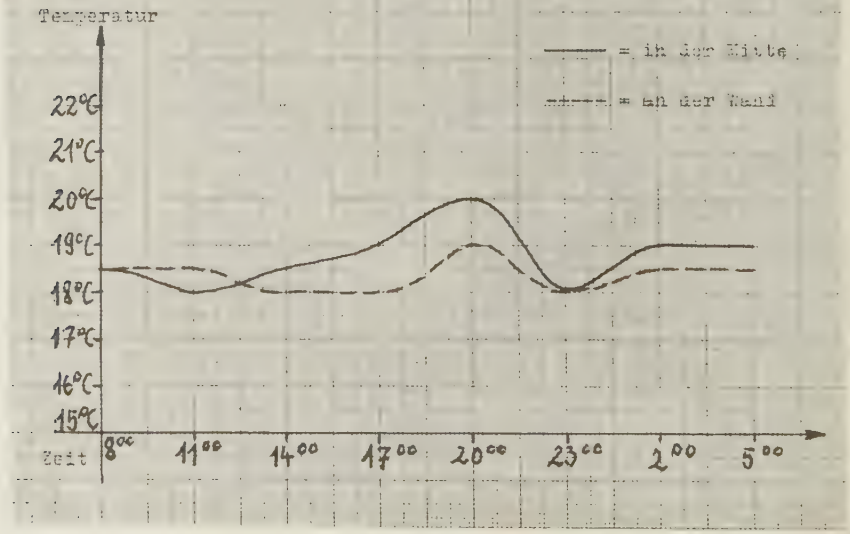


Diagramm No. 2



Stall No. II

Diagramm No. 5

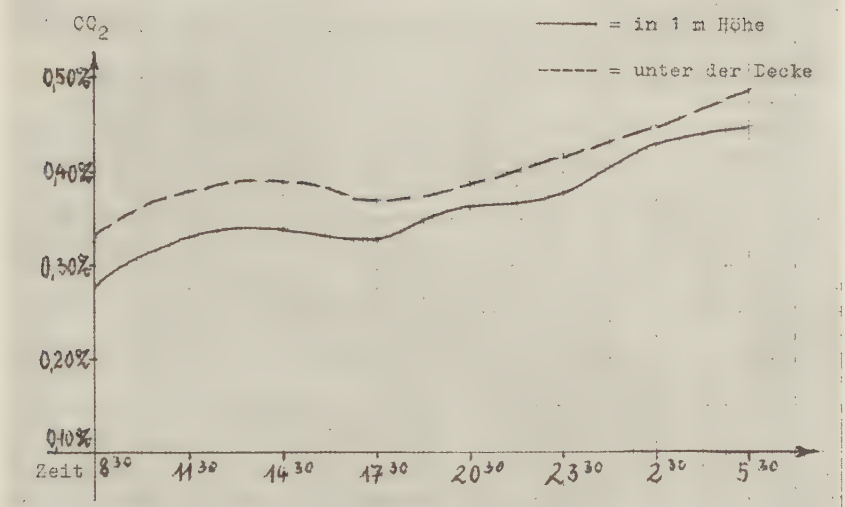


Diagramm No. 6

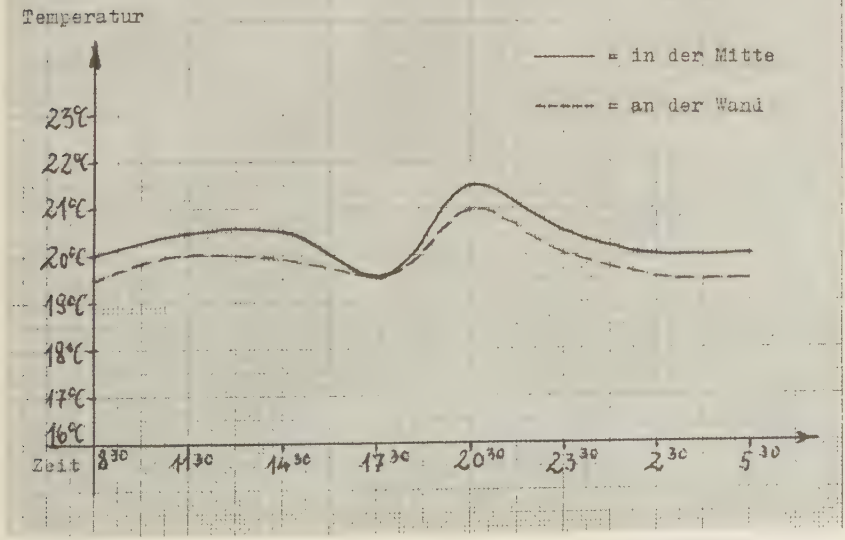


Diagramm No. 7

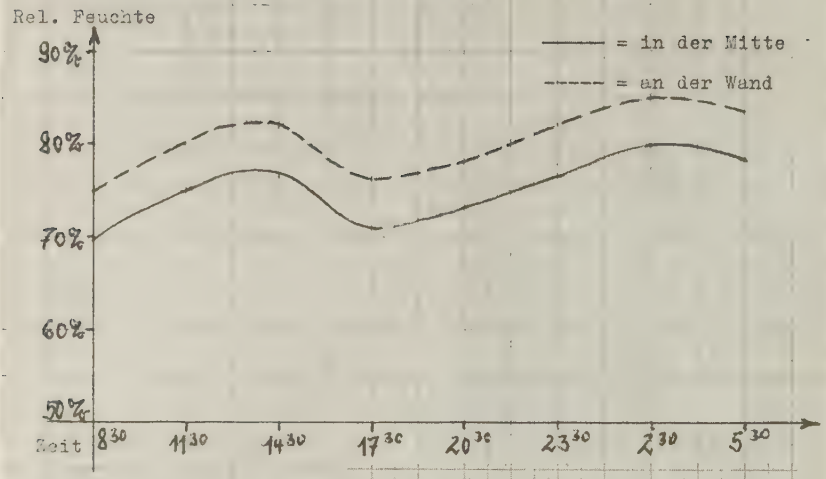
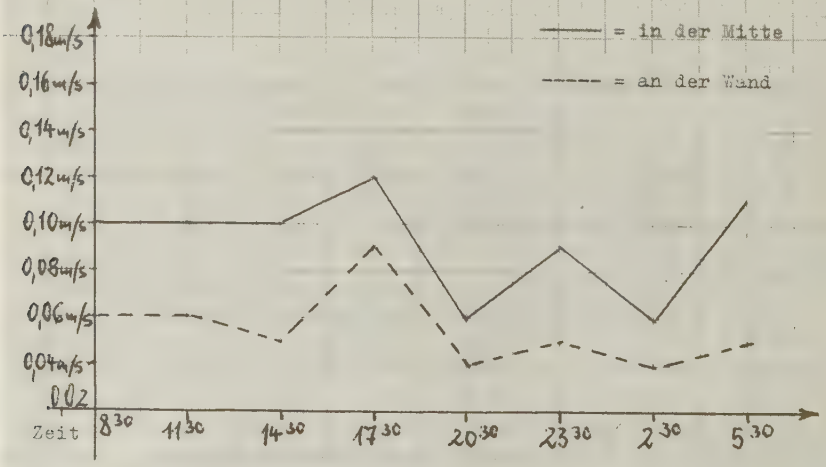


Diagramm No. 8



Stall No. III

Diagramm No. 9

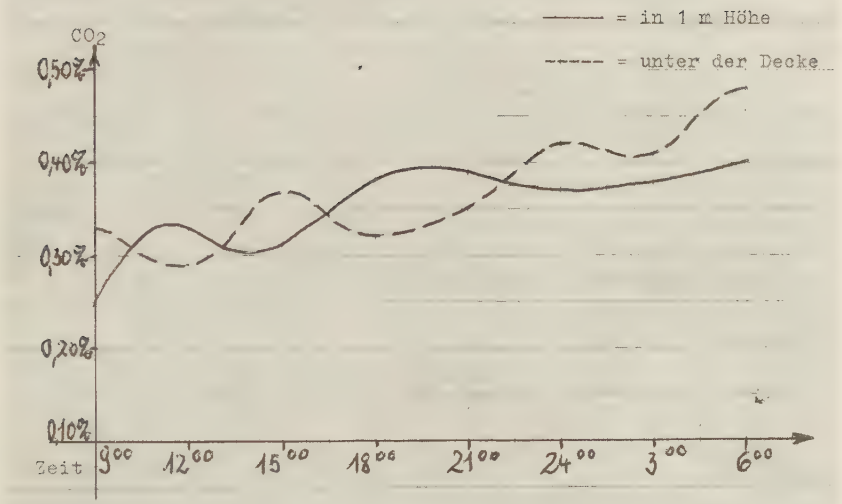


Diagramm No. 10

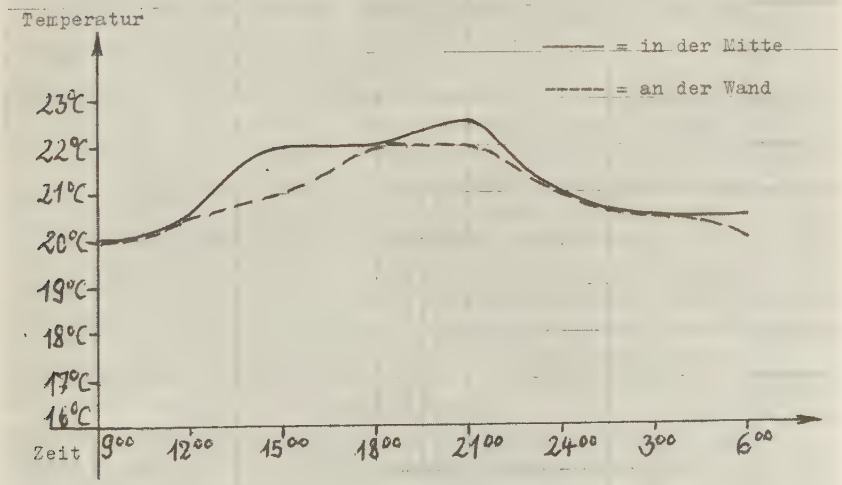


Diagramm No. 11

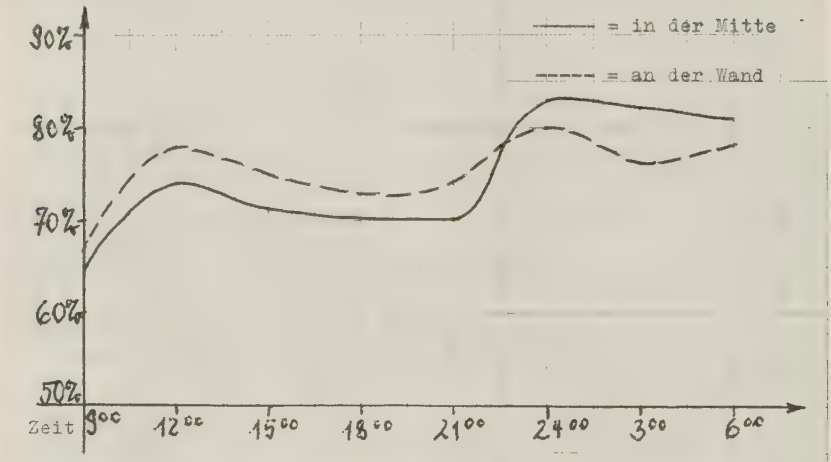
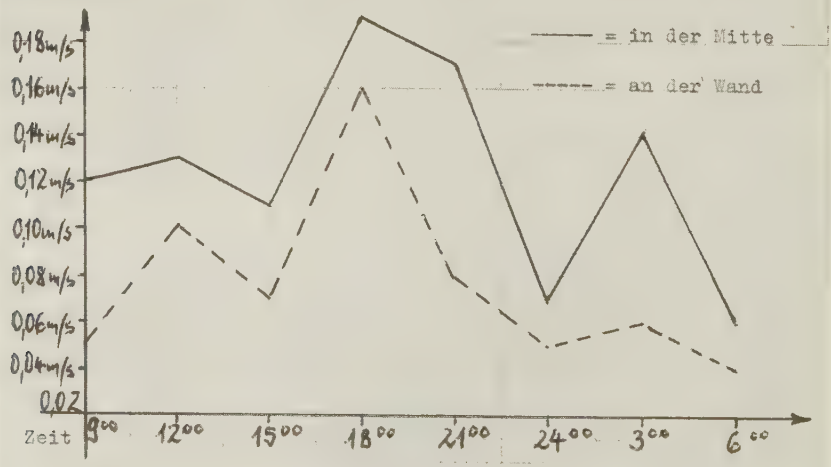


Diagramm No.12



Wie aus den graphischen Darstellungen hervorgeht, ist der CO_2-Gehalt der Stalluft - wenn keine Störungen auftreten - unter der Decke höher als in 1 m Höhe. Das zeigt deutlich der regelmäßige Verlauf der CO_2-Kurve des Stalles No. II (Diagr. No. 5). In Stall No. I ist die sowohl in der CO_2- (Diagr. No. 1) als auch in der Temperaturkurve (Diagr. No. 2) um 11^{00} Uhr auftretende Unregelmäßigkeit auf ein gegen meine Anordnung zu diesem Zeitpunkt geöffnetes Fenster zurückzuführen. Interessant ist der wechselnde Verlauf der CO_2-Kurve des Stalles No. III (Diagr. No. 9). Da zwei der hier stehenden Kühe an einem Klauenleiden und zwei weitere an einer eiterigen Endometritis erkrankt waren, herrschte in diesem Stall eine dauernde Unruhe. Die Tiere traten ständig hin und her und schlugen unaufhörlich mit den Schwänzen. Die so entstandene Störung hat nicht nur der CO_2-Kurve (Diagr. No. 9) eine unregelmäßige Form gegeben, sondern sie kommt auch in dem sehr wechselhaften Verlauf der Luftbewegungskurve (Diagr. No. 12) zum Ausdruck. Allen drei CO_2-Kurven (Diagr. No. 1, 5 u. 9) gemeinsam ist das kontinuierliche Ansteigen des Kohlendioxydgehaltes der Stalluft während der Nacht.

Ein weiteres beachtenswertes Moment verdeutlichen die Temperaturkurven (Diagr. No. 2, 6 u. 10), die ihre Maximalwerte jedesmal zur Zeit während oder kurz nach der Futteraufnahme der Tiere erreichen. Dieses Verhalten erklärt sich aus der tierischen Wärmeabgabe, die infolge des erhöhten Stoffwechsels während des Fressens und der Verdauung erhöht ist. Erst wenn sich alle Tiere niedergelegt haben, beginnt die Stall[illegible]peratur wieder langsam abzusinken, um sich dann während der Nacht auf einen gewissen Gleichstand einzustellen.

Von den Feuchtigkeitskurven (Diagr. No. 3, 7 u. 11) zeigt wiederum die des Stalles No. II (Diagr. No. 7) den regelmäßigsten Verlauf. Allen drei Kurven gemeinsam ist aber das Absinken der relativen Feuchte der Stalluft nach der Öffnung von Türen und Fenstern während der abendlichen Stallarbeit und der anschließende allmähliche Anstieg während der Nacht.

Da die Ställe zur Untersuchungszeit über keine Lüftungsmöglichkeit verfügten, ist der Verlauf der Luftbewegungskurven (Diagr. No. 4, 8 u. 12) nur durch vom Stallraum ausgehende Einflüsse bestimmt. So kann als Gemeinsames über sie nur gesagt werden, daß die Luftbewegung in der Mitte der untersuchten Ställe stets größer war als an der Wand. Ein gleiches Bild zeigen im allgemeinen auch die Temperaturkurven (Diagr. No. 2, 6 u. 10), während sich die Feuchtigkeitskurven (Diagr. No. 3, 7 u. 11) im großen und ganzen gerade umgekehrt verhalten.

In allen drei untersuchten Ställen haben die Turnusmessungen beachtliche Schwankungen des Stallklimas im tageszeitlichen Wechsel ergeben, was besonders in der Erhöhung der Temperatur während und kurz nach der Futteraufnahme um durchschnittlich 1 °C und in dem Anstieg des CO_2-Gehaltes der Stalluft während der Nacht um 0,12 % und der Feuchtigkeit um 6,8 % zum Ausdruck kommt.

3. Wintermessungen

Da gerade im Winter die Lüftung zum Hauptproblem des Stallklimas wird, untersuchte ich während der kalten Jahreszeit 77 Rinder-, 16 gemischte -, 6 Schweineställe und 1 Pferdestall, also insgesamt 100 Stallungen auf ihre klimatischen Verhältnisse im Hinblick auf die gegebenen Be- und Entlüftungsmöglichkeiten.

Der Großteil dieser Ställe, nämlich 71 %, war aus Bruchstein erstellt. Bei 11 % hatte Backstein, bei 8 % Beton und bei 3 % Holz als Baustoff gedient. In 7 % der Ställe war im Zuge einer Renovierung ein Teil der alten Bruchsteinwände durch Backstein (4 %), Beton (2 %) oder Holz (1 %) ersetzt worden. Die Bruchsteinmauern wiesen eine durchschnittliche Wandstärke von 55 cm auf. Die stärkste Wand mit 82 cm war in einem Rinderstall, die dünnste mit 14 cm in einem einfach gebauten Schweinestall anzutreffen. Damit erreichte keine Wand die von Dahmen (12) geforderte Mindeststärke von 84 cm. Die Backsteinwände wiesen eine durchschnittliche Dicke von 32 cm auf, wobei als Extrem in 3 Ställen 40 cm und in anderen 3 Ställen 25 cm gemessen werden konnten. Auch hier ist die von Dahmen (12), Dinkhauser (13) und Zorn (66) verlangte Mindestdicke von 38 cm meistenteils unterschritten worden. Die Stärke der Betonwände bewegt sich zwischen 25 und 65 cm bei einem Durchschnitt von 41 cm. Von den 3 Holzställen waren 2 aus 20 cm dicken Balken und einer aus 2,5 cm starken Brettern errichtet. Bei letzterem handelte es sich um einen Jungvieh-Offenstall mit ausgesparter Hinterwand.

Als Baustoff für die Decke war in 86 % der Stallungen Holz verwendet worden. 8 % bestanden aus Beton, 4 % aus Hourdis, 1 % aus Gutex und 1 weiteres Prozent besaß eine Kochdecke.

Der Durchschnittswert der Raumgröße ergab sich mit 98,5 m^3. Die größte Kubatur mit 359 m^3 wies ein mit 17 Rindern, die kleinste mit 15 m^3 ein mit 5 Schweinen belegter Stall auf.

Als erheblichstes Übel, dem ich bei meinen Untersuchungen begegnete, darf wohl das denkbar schlechte Verhältnis zwischen lichtdurchlässiger Fläche und Stallfußbodenfläche gelten, das mit einem Durchschnitt von 1 : 69 weit unter der Norm lag. Das allgemein geforderte Verhältnis von 1 : 10 bis 1 : 20 war nur zehnmal vorhanden, während 89 % darunter lagen. Als Extreme waren drei mit vier, neun und sechs Rindern besetzte Ställe anzutreffen, die ein Fenster-Bodenflächenverhältnis von 1 : 233, 1 : 234 und 1 : 255 aufwiesen. Lediglich oben erwähnter Offenstall hatte wegen seiner fehlenden Hinterwand eine das Licht einlassende Fläche, die mit einem Verhältnis von nur 1 : 5 zur Bodenfläche stand und somit über der Norm lag.

Die 77 Rinderställe waren im Durchschnitt mit 8,2 Rindern einschließlich Jungvieh besetzt. Die Umrechnung auf Großvieheinheiten ergab 7 GVE pro Stall. Auf einen jeden der 16 gemischten Ställe entfielen mit 4,3 Rindern, 1,4 Schweinen, 0,4 Pferden und 0,9 Ziegen 4,7 Großvieheinheiten. Die 6 Schweineställe waren mit durchschnittlich 5,2 Schweinen = 1,3 GVE belegt. Schließlich befanden sich in dem Pferdestall zwei schwere Arbeitspferde, die zusammen 3,5 Großvieheinheiten ausmachten.

In den untersuchten Ställen standen einer jeden Großvieheinheit durchschnittlich 19,5 m^3 Luftraum zur Verfügung. Da sich die Angaben der verschiedenen Autoren zwischen 15 und 30 m^3 bewegen, könnte dieser Durchschnitt wohl als befriedigend bezeichnet werden, jedoch waren solche Maße in nur 39 % der Ställe vorhanden, während fast die Hälfte, nämlich 47 %, unter 15 m^3 lag. Der geringste Wert mit je 7 m^3 Luftraum/GVE war in zwei mit 11 bzw. 9 Rindern besetzten Ställen vorzufinden. Der Grund für den verhältnismäßig guten Durchschnitt ist in den 14 % über 30 m^3 liegenden Stallungen zu sehen, in denen infolge Unterbesetzung bis zu 133 m^3 Luftraum auf eine Großvieheinheit entfielen.

Den für überwiegend alte Ställe relativ niederen durchschnittlichen CO_2-Gehalt der Luft von 0,32 % möchte ich auf die gute Ventilationswirkung der hauptsächlich angetroffenen Holzdecken zurückführen. Den höchsten gemessenen CO_2-Wert von 0,55 % traf ich nur einmal, 0,50 % 3 mal, 0,45 % 5 mal, 0,40 % 23 mal, 0,35 % 14 mal, 0,30 % 25 mal, 0,25 % 13 mal, 0,20 % 11 mal, 0,15 % 2 mal, 0,10 % 1 mal und überhaupt keinen meßbaren CO_2-Gehalt sogar 2 mal an. Bei letzteren zwei Ställen handelte es sich zum einen um den bereits erwähnten Jungvieh-Offenstall und zum anderen um einen neuen mit 13 Rindern und 4 Schweinen be-

setzten Stall, der einen in der Deckenmitte angebrachten, hoch über den Dachfirst hinausragenden Abluftschacht besaß und dessen sämtliche 6 Kippfenster geöffnet waren.

Während meiner Messungen lag die durchschnittliche Temperatur der Außenluft bei 6,3 °C. Im Stall betrug sie 16 °C und schwankte zwischen 8 und 21 °C. Die sich dabei ergebende Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stalluft von 9,7 °C reicht also nach der Forderung Stietenroths (61), der eine Differenz von mindestens 5 °C voraussetzt, aus, um die Funktion der natürlichen Lüftung zu ermöglichen. Aufgrund der in der Literatur gemachten vielfältigen Angaben für eine optimale Stalltemperatur, kann das erhaltene Durchschnittsergebnis durchaus als gut bezeichnet werden. Daß die 20 °C-Grenze nur 4 mal um 1 °C überschritten wurde, ist wohl auf die schlechte Wärmedämmung der Bruchsteinwände und auf die meist zu geringe Wandstärke der Umfassungsmauern zurückzuführen. Temperaturen unter 10 °C konnten nur 4 mal gemessen werden. Bei einer Außentemperatur von 5 °C herrschte in dem mit 17 Jungrindern besetzten Offenstall die tiefste Temperatur von 8 °C. Ein Schweinestall mit einem Luftraum von 133 m^3 pro GVE brachte es bei einer Außentemperatur von 6 °C verständlicherweise auf nur 9 °C, zumal seine Betonwände kalt und extrem feucht waren. In zwei anderen Ställen mit Bruchsteinmauern, in denen ich ebenfalls eine Temperatur von 9 °C feststellte, hatte eine Großvieheinheit bei einer Außentemperatur von 3 °C 52 bzw. 53 m^3 Luftraum zu erwärmen. Im übrigen konnten in 26 % der Ställe 10 - 14 °C und in 66 % 15 - 20 °C ermittelt werden. Die Temperatur an der Wand lag im Durchschnitt um 1,3 °C tiefer als in der Mitte des Stalles.

Mit durchschnittlich 84,4 % lag die relative Feuchtigkeit der Außenluft nur unerheblich über der der Stalluft mit 80,2 %. Dieser Durchschnittswert liegt also gerade noch im Rahmen der von Stietenroth (61) und Zorn (66) angegebenen zulässigen 75 - 80 % und unterschreitet sogar die von Rolle (52) und Schmidt (55) genannte Höchstgrenze von 85 %. Doch ist wiederum in fast der Hälfte der Ställe, nämlich in 49 %, der ermittelte Durchschnitt überschritten worden und gipfelte mit einer relativen Feuchte von 100 % in dem bereits beschriebenen Schweinestall mit einer Temperatur von 8 °C und einem Luftraum pro GVE von 133 m^3. Diese hohe Feuchte erklärt sich aus der Bauweise dieses Stalles; dadurch daß er gänzlich aus Beton erstellt und mit einer Längs- und einer Breitseite an einen Hang angebaut war, beschlugen sich Decke und

Fenster sowie die kalten 57 cm dicken, unverputzten Wände reichlich mit Kondenswasser. In den erlaubten Grenzen zwischen 70 und 80 % bewegten sich 44 % der Ställe, während nur 7 % darunter lagen. Als am trockensten erwies sich mit 65 % bei einer Außenfeuchte von 78 % ein halb aus Bruchstein und halb aus Backstein erbauter Stall mit Holzdecke, der mit 5 Rindern besetzt war. Dabei betrug sein CO_2-Gehalt 0,40 %, die Temperatur 19 ° C und der Luftraum 8 m^3/GVE. Letzterer war aber durch die in den Scheunenraum führenden weit geöffneten Futterluken zur Zeit der Untersuchung erheblich vergrößert. Im Gegensatz zur Mitte der Ställe war die relative Feuchtigkeit an der Stallwand um durchschnittlich 2,6 % größer.

In der Stallmitte bewegte sich die Luft mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 0,12 m/sec, während sie an der Wand um 0,03 m/sec langsamer war. Den von Fuhrimann (19) geforderten Optimalwerten von 0,10 - 0,16 m/sec entsprachen nur 45 % der Ställe. Ein fast ebenso großer Teil, nämlich 42 % lag darunter und zeigte so, daß es ihm an einer ausreichenden Ventilationsmöglichkeit mangelte. Den tiefsten, kaum mehr genau zu erfassenden Wert, von nur 0,01 m/sec konnte ich in einem mit 3 Schweinen besetzten Stall ermitteln, dem lediglich ein kleines Loch in der Wand als Lüftung diente, dessen Wirkung, wie das Meßergebnis zeigt, natürlich illusorisch war. Von den 13 % der Ställe mit Werten über 0,16 m/sec herrschte in einem, der mit 13 Rindern besetzt war, eine Luftbewegung von 0,36 m/sec. Diese hohe Geschwindigkeit kam durch drei einander gegenüberliegende, offene Fenster zustande, deren Gegenzug ein nur wenige Wochen altes Kalb direkt ausgesetzt war.

An Lüftungseinrichtungen waren neben geöffneten Fenstern und Türen, offene Futterluken, Aussparungen zwischen den Deckenbalken, einzelne Zuluftöffnungen, offenes Heuloch und Abluftschächte anzutreffen, nach denen ich die 100 untersuchten Stallungen in 9 Gruppen einteilte:

Gruppe	I:	12 Ställe ohne Lüftung
Gruppe	II:	12 Ställe mit offenen Fenstern und Türen
Gruppe	III:	13 Ställe mit offenen Futterluken ohne zusätzliche Lüftung
Gruppe	IV:	9 Ställe mit offenen Futterluken und zusätzlicher Lüftung
Gruppe	V:	7 Ställe mit Aussparungen zwischen den Deckenbalken
Gruppe	VI:	12 Ställe mit einzelnen Zulunftöffnungen
Gruppe	VII:	11 Ställe mit offenem Heuloch
Gruppe	VIII:	10 Ställe mit Abluftschächten ohne zusätzliche Lüftung
Gruppe	IX:	14 Ställe mit Abluftschächten und zusätzlicher Lüftung.

Tabelle I

Untersuchungsergebnisse der Stallungen ohne Lüftung

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kubatur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aussen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aussen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewegung(m/sec) Mitte	Luftbewegung(m/sec) Wand	zusätzl. Lüftung
2	Bruchstein	Holz	50	64	1:233	4R	3,5	18	0,30	6	13	12	80	80	82	0,15	0,22	----
3	"	"	55	201	1:132	14R	11	18	0,40	6	17	15	81	81	83	0,05	0,08	----
4	"	"	63	86	1: 33	6R	4,5	19	0,40	6	17	16	80	88	90	0,08	0,07	----
6	"	"	45	61	1: 52	7R	6,5	9	0,50	5	19	17	75	88	90	0,06	0,06	----
9	"	"	65	108	1:137	8R	7	15	0,35	7	17	17	80	86	78	0,10	0,07	----
33	"	"	60	101	1: 36	8R	7	14	0,50	9	21	19	77	77	81	0,15	0,06	Abluftsch. zugestopft
44	"	"	50	93	1: 28	6R	5	19	0,30	3	16	15	94	81	86	0,05	0,05	----
52	"	"	50	53	1: 36	4R	4	13	0,45	5	16	14	95	86	87	0,12	0,10	----
56	"	"	65	158	1: 44	11R	9	18	0,45	6	20	18	72	76	74	0,13	0,10	----
61	"	"	55	315	1: 50	19R	16,5	19	0,35	5	15	15	95	80	86	0,08	0,09	Abluftsch. zugestopft
83	"	"	43	66	1: 51	5R/1Z	4	17	0,40	8	18	17	94	79	80	0,06	0,05	----
94	"	"	14	15	1: 20	5S	1	15	0,25	5	10	9	75	81	88	0,10	0,15	Ritzen üb. Trögen

Gruppe I:

In den Ställen der Tabelle I wird das Fehlen der Lüftung durch die über dem Gesamtdurchschnitt liegenden Werte des CO_2-Gehaltes von 0,39 %, der Temperatur von 16,7 °C, der relativen Feuchte von 82 % und der darunterliegenden Luftbewegung von 0,09 m/sec deutlich. Die aufgetretenen günstigeren Werte müssen auf Störungen zurückgeführt werden, wie sie kurz vor Untersuchungsbeginn offen gewesene Fenster oder ein weites Öffnen der Türen beim Eintreten darstellen. Auch kommt oft eine günstig erscheinende Luftbewegung durch die Unruhe der Tiere zustande, wie sie entsteht, wenn ein Fremder den Stall betritt. So wird besonders bei Stall No. 2 ersichtlich, daß solche die Meßergebnisse beeinträchtigende Umstände kurz vor der Messung am Werk gewesen sein müssen. Die abweichenden Ergebnisse bei Stall No. 94 erklären sich aus der geringen Wanddicke von nur 14 cm und aus den größeren Ritzen, die über den Trögen zu finden waren. Im allgemeinen zeigt die Tabelle I das Bild einer verbrauchten Stalluft, die einer Erneuerung durch geeignete Lüftungsanlagen bedarf.

Tabelle II

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit offenen Fenstern (F) und Türen (T)

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kuba-tur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Be-stand	GVE	m^3 Luft-raum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aus-sen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aus-sen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewe-gung(m/sec) Mitte	Luftbewe-gung(m/sec) Wand	geöffnet
1	Bruch-stein	Holz	50	235	1: 34	17R	13	18	0,25	6	13	11	81	70	71	0,18	0,19	1F/1T
13	"	"	55	37	1: 51	3R	1	37	0,20	8	13	13	95	86	96	0,11	0,07	2F/1T
14	"	"	30	38	1:106	4R	4	9	0,30	9	18	16	93	89	81	0,06	0,05	1F/1T
16	"	"	50	50	1: 45	8R	6	8	0,30	10	19	18	85	80	78	0,12	0,10	2F
71	Beton	"	41	245	1: 57	16R	10,5	23	0,20	6	11	11	86	77	79	0,23	0,07	3F/1T
72	Holz	"	2,5	359	1: 5	17R	11	33	-	5	8	6	88	80	88	0,18	0,13	fehlende Hinterwand
73	Beton	"	65	169	1: 48	10R	9	19	0,20	6	17	16	88	76	75	0,24	0,08	3F/1T
75	Back-stein	Beton	37	207	1: 30	11R	11	19	0,35	5	15	14	95	85	87	0,04	0,05	1T
87	Bruch-stein	Holz	47	104	1: 18	4R/2S /1Z	4,5	23	0,30	1	14	13	76	88	93	0,08	0,06	1T
91	Back-stein	Beton	37	51	1: 12	2R/4S	1,5	34	0,25	6	13	12	94	82	84	0,10	0,04	3F
98	Beton	"	57	100	1: 38	4S	3/4	133	0,20	6	9	8	84	100	100	0,25	0,30	2F/1T
100	Bruch-stein	Holz	60	28	1: 30	2P	3,5	8	0,10	9	13	12	76	75	81	0,11	0,06	1T

Gruppe II:

Im Gegensatz zu Gruppe I fällt hier besonders mit Ausnahme des Stalles No. 75, bei dem nur eine in die Scheune führende Türe weit geöffnet war, der durchweg unter dem Durchschnitt von 0,32 % liegende CO_2-Gehalt der Stalluft auf. Auch die Temperatur liegt mit Ausnahme der Ställe No. 14, 16 und 73 unter der durchschnittlichen von 16 ^{o} C. Während in den Ställen 14 und 16 die höhere Stalltemperatur von 18 bzw. 19 ^{o} C mit der ebenfalls überdurchschnittlichen Außentemperatur von 9 bzw. 10 ^{o} C erklärt werden kann, bietet Stall 73 ein Beispiel für einen ausreichenden Wärmestand von 17 ^{o} C bei einem geringen CO_2-Gehalt von nur 0,20 %. Diese gegenüber der im Freien herrschenden um 11 ^{o} C höhere Temperatur der Stalluft ist wohl nicht zuletzt auf die 65 cm starken Betonwände mit guter Isolation, wie die für Betonmauern geringe Wandfeuchte von nur 75 % bei einer sogar um 1 % höher liegenden Stallfeuchte zeigt, zurückzuführen. Weiter fällt in der Tabelle II auf, daß die Stallfeuchte, ausgenommen Stall No. 87 und 98, um durchschnittlich 7,7 % unter der Außenfeuchte liegt. Für das abweichende Verhalten der Ställe 87 und 98 sind die wärmeisolationslosen und daher kalten Bruchstein- bzw. Betonwände, an denen sich infolgedessen Schwitzwasser niederschlägt, verantwortlich zu machen. Neben der bei zu reichlicher Fenster- und Türlüftung gegebenen Gefahr der Unterkühlung ist auch die einer zu hohen Luftbewegung infolge Durchzuges gegeben, wie das in den Ställen 71, 73 und 98 deutlich wird, in denen sich die Luft mit 0,23, 0,24 und 0,25 m/sec bewegt. An den in der Tabelle II aufgeführten Werten der Luftbewegung läßt sich ablesen, ob an einer Wand befindliche oder einander gegenüberliegende Fenster und Türen geöffnet waren. Während bei geeigneten Außenverhältnissen die Fenster- und Türlüftung ausreicht, um das Stallklima erträglich zu gestalten, liegen ihre Gefahren in der kalten Jahreszeit in der entstehenden Zugluft und Unterkühlung des Stalles.

Tabelle III

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit offenen Futterluken ohne zusätzliche Lüftung

No	Baumaterial Wände	Decke	Wand-dicke (cm)	Kuba-tur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Be-stand	GVE	m^3 Luft-raum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur (°C) aus-sen	innen Mitte	innen Wand	Rel. Feuchte (%) aus-sen	innen Mitte	innen Wand	Luftbewe-gung (m/sec) Mitte	Wand	zus. Lüf-tung
5	1/2Bruch-1/2Backst.	Holz	52 25	34	1: 87	5R	4,5	8	0,40	5	19	17	78	65	67	0,04	0,13	---
7	Bruchstein	"	60	104	1: 68	9R	9	11	0,40	6	17	15	72	74	87	0,13	0,11	---
8	"	"	50	54	1: 13	7R	5,5	10	0,45	6	17	16	72	80	85	0,07	0,09	---
25	"	Beton	54	31	1: 23	2R	1,75	18	0,25	9	16	15	68	84	87	0,07	0,04	---
31	"	Holz	50	82	1:144	3R	3	27	0,30	7	17	16	82	83	88	0,10	0,05	---
34	"	"	50	70	1:160	7R	6,5	11	0,40	10	19	14	75	86	90	0,12	0,03	---
43	"	"	55	59	1: 63	7R	5	12	0,35	4	14	13	92	85	88	0,07	0,09	---
47	"	"	50	52	1: 57	4R	3	17	0,30	4	16	14	90	85	90	0,08	0,05	---
51	"	"	55	63	1:192	5R	4,25	15	0,40	5	16	15	95	83	87	0,14	0,08	---
53	"	"	60	77	1: 99	8R	8	10	0,40	5	17	17	93	83	85	0,08	0,04	---
62	Beton	Beton	27	45	1: 76	3R	3	15	0,40	9	18	17	92	83	78	0,08	0,04	---
63	Bruchst.	"	65	30	1: 47	2R	2	15	0,40	9	17	16	90	85	83	0,04	0,05	---
85	"	Holz	50	122	1:232	4R/1P	5,5	22	0,30	6	16	15	83	71	75	0,11	0,08	---

Gruppe III:

Diese Gruppe unterscheidet sich von der vorhergehenden nicht nur durch ihre um durchschnittlich 0,16 % höher liegenden CO_2- und um 3 °C höheren Temperaturwerte, sondern vor allem durch die - abgesehen von den Ausnahmefällen, die durch die bereits erwähnten Störungen bedingt sind - unter dem Gesamtdurchschnitt von 0,12 m/sec liegende Luftbewegung von 0,087 m/sec, die keineswegs von einer gut funktionierenden Lüftung zeugt. Trotzdem sind weder bei der Temperatur, die sich mit durchschnittlich 16,9 °C sogar durchweg in vertretbaren Grenzen hält, noch bei den Feuchtigkeitswerten ausgesprochen negative Extreme zu finden. Aus diesen Gründen möchte ich die Lüftungsmöglichkeit, die offene Futterluken bieten, weniger als Lüftung im eigentlichen Sinne bezeichnen, sondern vielmehr als eine Vermehrung des den Tieren zur Verfügung stehenden Luftraumes um den Scheunenraum. Damit ist gesagt, daß geöffnete Futterluken durch Vergrößerung der Ventilationsmöglichkeit und des Luftraumes/GVE wohl einen günstigen Einfluß auf das Stallklima ausüben, nicht aber in der Lage sind - wie der hohe CO_2-Gehalt von durchschnittlich 0,37 % und die zu geringe Luftbewegung von 0,087 m/sec zeigen -, einen ausreichenden Luftwechsel herbeizuführen.

Tabelle IV

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit offenen Futterluken und zusätzlicher Lüftung

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kubatur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aussen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aussen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewegung(m/sec) Mitte	Luftbewegung(m/sec) Wand	zusätzliche Lüftung
17	Bruchstein	Holz	55	78	1:145	10R	8	10	0,40	11	18	16	81	90	85	0,03	0,08	1 Tür
18	"	"	60	64	1: 97	11R	9	7	0,40	11	21	20	75	81	82	0,10	0,09	1 Fenster
23	"	"	60	72	1:151	8R	6	12	0,40	9	18	14	86	77	89	0,08	0,04	1"
28	Holz	"	20	67	1:234	9R	8	8	0,30	8	18	17	72	70	73	0,14	0,16	1 Tür
29	Bruchstein	"	50	91	1:155	3R	3	30	0,20	8	14	14	75	83	85	0,14	0,09	1 Fenster
30	"	"	60	66	1: 44	8R	6,5	10	0,30	7	18	14	78	71	79	0,33	0,21	1 "
36	Holz	"	20	62	1: 85	6R	5	12	0,35	9	17	17	76	83	79	0,12	0,16	1 "
40	Bruchstein	"	60	78	1: 33	4R	2,5	31	0,20	4	13	11	86	77	87	0,15	0,14	1 "
54	"	"	55	78	1: 39	9R	7	11	0,30	5	13	12	80	75	78	0,06	0,11	1 "

Gruppe IV:

Wie die geringe Luftbewegung von durchschnittlich 0,07 m/sec verbunden mit einem hohen CO_2-Gehalt von 0,40 %, hoher Temperatur von 19 ^{o} C und eine Luftfeuchte von durchschnittlich 82,7 % in den Ställen 17, 18 und 23 zeigt, ist die mit offenen Futterluken kombinierte Tür- bzw. Fensterlüftung ziemlich wirkungslos, wenn die Außenverhältnisse keine Voraussetzungen für die Funktion der natürlichen Lüftung bieten. Den weit unter dem Durchschnitt von 19,5 m^3 liegenden Luftraum von 7, 10 und 12 m^3 pro GVE für die schlechte Stalluft verantwortlich zu machen, erscheint hier deshalb nicht angebracht, weil wegen der offenen Futterluken der Scheunenraum in gewissen Grenzen hinzu gezählt werden muß. Das zeigen die Ställe No. 28, 30 und 54, die trotz eines ebenso geringen Luftraumes pro GVE von 8, 10 und 11 m^3 eine bessere Stalluft mit um 0,10 % niedriger gelegenen CO_2- und um durchschnittlich 9,7 % tieferen Feuchtigkeitswerten aufweisen, weil hier die Außenluft mit höherer Bewegung und tieferer Temperatur der Futterluken-Fenster-Lüftung einen Einfluß auf die Stalluft ermöglichte. Überhaupt kann aus den in den Ställen gemessenen Luftgeschwindigkeiten herausgelesen werden, inwieweit die Außenverhältnisse die Lüftung unterstützten. In Stall No. 30 ist die hohe Luftbewegung von 0,33 m/sec auf einen Gegenzug zwischen dem offenen Fenster und einer geöffneten Scheunentür durch die Futterluken hindurch zurückzuführen.

Tabelle V

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit Aussparungen zwischen den Deckenbalken

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kubatur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aussen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aussen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewegung(m/sec) Mitte	Luftbewegung(m/sec) Wand	zusätzliche Lüftung
10+	Bruch-stein	Holz	70	82	1: 43	4R	4	21	0,25	8	14	12	75	88	93	0,06	0,08	---
15+	"	"	50	59	1: 73	8R	7	8	0,30	9	19	19	90	72	73	0,12	0,11	Futter-luken
60o	Back-stein	"	40	66	1: 28	8R	7	9	0,35	11	20	19	74	82	75	0,09	0,09	1 Fen-ster
74o	Beton	"	30	165	1: 36	12R	8,5	19	0,25	12	16	15	73	80	72	0,08	0,04	2 Fen-ster
76+o	"	Gutex	27	158	1: 20	10R	9	18	0,20	3	14	12	97	81	83	0,15	0,06	1 Fen-ster
78+	Bruch-stein	Holz	50	61	1: 75	2R/3S	1,25	49	0,40	6	15	13	70	83	92	0,14	0,07	---
79+	"	"	65	102	1:117	4R/1S	3,5	29	0,35	6	14	13	70	85	89	0,11	0,08	---

\+ = Aussparungen zum Futtergang führend
o = Aussparungen ins Freie führend
+o = Aussparungen beidseitig ins Freie führend

Gruppe V:

Aussparungen zwischen den Deckenbalken sollten, wie es oft vorgeschlagen wird, an zwei gegenüberliegenden Seiten angeordnet sein, um so auf der Windseite als Zuluft- und auf der windabgewandten Seite als Abluftöffnungen zu dienen. Doch stößt eine solche Maßnahme in den untersuchten Ställen insofern auf Schwierigkeiten, als Aussparungen an der Krippenseite gar nicht ins Freie, sondern auf den Futtergang bzw. in die Scheune führen und somit dem Windeinfluß entzogen sind. So waren sie einfach in der Absicht, der Stallüftung irgendwie dienlich zu sein, entweder in die Scheune oder ins Freie führend angebracht. Eine Ausnahme machte lediglich der renovierte Stall No. 76, dessen trennende Wand zum Futtergang entfernt worden war, weshalb die Aussparungen beidseitig mit der Außenluft in Verbindung standen. In der Tat zeugen die hier erhaltenen Meßergebnisse unter Berücksichtigung der Außenverhältnisse von einem als durchaus gut zu bezeichnenden Stallklima. Doch muß die Einschränkung gemacht werden, daß die Außenverhältnisse für diese Lüftungsmethode nicht immer so günstig liegen wie am Untersuchungstage. Die Messungen in den Ställen mit nur einseitigen Aussparungen weisen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Lediglich aufgrund der CO_2-Werte, die mit durchschnittlich 0,30 % doch auffallend unter den in den Ställen ohne Lüftung mit fast 0,40 % ermittelten liegen, kann die Wirkung der Aussparungen in der Abführung der unter der Decke befindlichen CO_2-reichen Luft gesehen werden. Jedoch erfüllen sie diese Entlüftungsfunktion nur bedingt und sehr unzuverlässig.

Tabelle VI

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit einzelnen Zuluftöffnungen

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kubatur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aussen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aussen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewegung(m/sec) Mitte	Luftbewegung(m/sec) Wand	zusätzliche Lüftung
24 (1)	Bruch-stein	Holz	47	137	1: 76	16R	15	9	0,40	9	21	18	82	74	89	0,03	0,04	Futter-luken
35 (1)	"	"	62	88	1:119	3R	3	29	0,30	10	17	16	76	85	88	0,09	0,04	"
37 (1)	"	"	50	53	1:107	4R	3,5	15	0,40	1	15	14	78	97	98	0,04	0,06	---
41 (2)	"	"	60	66	1:116	9R	9	7	0,40	4	19	17	87	69	75	0,11	0,07	Futter-luken
42 (1)	Back-stein	"	28	28	1: 23	5R	3	9	0,35	4	16	14	89	84	89	0,07	0,05	---
46 (4)	Bruch-stein	Hour-dis	60	64	1: 38	7R	6	11	0,35	4	16	15	92	88	91	0,10	0,08	Futterl. 1 Fenst.
64 (1)	"	Holz	47	48	1:114	4R	4	12	0,25	4	16	15	93	78	79	0,27	0,09	1 Fenst.
68 (2)	"	"	60	84	1: 29	9R	8,5	10	0,30	3	17	16	93	68	70	0,14	0,17	"
70 (3)	Beton	Beton	57	225	1: 26	13R	9	25	0,25	7	13	12	83	84	92	0,25	0,32	1 Tür 1 Fenst.
93 (2)	Back-stein	Hour-dis	35	147	1: 43	4R/1S	4,5	33	0,25	3	15	13	96	90	95	0,13	0,05	---
95 (1)	"	Holz	25	30	1: 21	2S	0,5	60	0,15	3	12	11	84	85	88	0,16	0,08	---
96 (1)	"	"	25	28	1: 14	3S	0,75	37	0,20	4	12	10	90	74	82	0,02	0,01	---

() = in Klammer ist die Anzahl der Zuluftöffnungen angegeben.

Gruppe VI:

In Deckenhöhe angeordnete, ins Freie führende Öffnungen in der Stallwand in Form von Tonröhren oder ausgesparten Mauersteinen, werden allgemein als Zuluftöffnungen bezeichnet. Ihre Funktion als solche erfüllen sie aber nur dann, wenn sie an der Windseite angeordnet sind und der Stall über eine ergänzende Abluftvorrichtung verfügt. In der hier vorliegenden Form, in welcher ein Abzugsschacht stets fehlt und die Anordnung dieser Öffnungen völlig regellos erfolgte, wirken sie aber zumeist luftabführend, wie es besonders an kalten Tagen oft beobachtet werden kann, wo die warme und feuchte Stalluft als sichtbarer Dunst aus diesen Öffnungen entweicht. Im Falle der in der Tabelle VI aufgeführten Ställe weist die zu geringe Luftbewegung von - ausgenommen die Ställe No. 64, 68 und 70 - durchschnittlich 0,08 m/sec auf die Unzulänglichkeit dieser Lüftungseinrichtung hin. Die abweichenden Verhältnisse der Ställe 64, 68 und 70 mit einer Luftbewegung von 0,27, 0,14 und 0,25 m/sec erklären sich aus der zusätzlichen Fenster- und Türlüftung. Die um 0,10 % unter dem Gesamtdurchschnitt von 0,32 % liegenden CO_2-Werte bei gleichzeitig abfallender Temperatur (ø 14 ^{o} C) in den Ställen 35, 93, 95 und 96 sind durch den überdurchschnittlichen Luftraum pro GVE von 29, 33, 60 und 37 m^3 bedingt. Am meisten fällt in dieser Zusammenstellung auf, daß die relative Feuchte an der Wand um durchschnittlich 5 %, also fast um das Doppelte des Gesamtdurchschnittes von 2,6 % höher liegt als in der Mitte des Stalles. So kann aufgrund der in der Tabelle VI aufgeführten Meßwerte gesagt werden, daß der Einfluß solcher regellos angeordneten Zuluftöffnungen auf das Stallklima in der Hauptsache darin besteht, die Wärmedämmung der betreffenden Wand herabzusetzen und damit die Schwitzwasserbildung zu fördern.

Tabelle VII

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit offenem Heuloch

No	Baumaterial Wände	Baumaterial Decke	Wand-dicke (cm)	Kubatur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Bestand	GVE	m^3 Luftraum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aussen	Temperatur(°C) innen Mitte	Temperatur(°C) innen Wand	Rel. Feuchte(%) aussen	Rel. Feuchte(%) innen Mitte	Rel. Feuchte(%) innen Wand	Luftbewegung(m/sec) Mitte	Luftbewegung(m/sec) Wand	zusätzliche Lüftung
20	Bruch-stein	Holz	58	218	1: 31	15R	14	16	0,30	6	17	16	94	81	80	0,08	0,16	2 Fenst.
22	"	Beton	54	91	1: 31	8R	8	11	0,30	8	18	17	92	80	80	0,11	0,08	1 Tür
39	"	Holz	65	162	1: 69	9R	7	23	0,25	3	16	15	84	72	76	0,08	0,10	1 Zuluft-röhre
65	Back-stein	"	30	81	1: 83	10R	8	10	0,30	2	14	13	94	70	76	0,08	0,09	Futterl., 1 Fenst.
69	Bruch-stein	"	65	205	1: 29	14R	12	17	0,20	5	13	12	90	80	78	0,36	0,20	3 Fenst.
84	"	"	50	111	1:175	2R/2P	5	22	0,15	8	13	12	72	77	77	0,12	0,16	1 Tür
86	"	"	60	213	1: 76	3R/1P	5	43	0,25	8	13	13	79	87	91	0,11	0,07	---
89	1/2Br. - 1/2Backst.	"	55 30	107	1: 18	6R/2P	9	12	0,30	7	16	15	80	69	71	0,13	0,08	Futter-luken
90	"	"	60 30	66	1: 19	2R/4S	1,25	53	0,25	3	9	8	96	89	86	0,09	0,07	---
97	Bruch-stein	"	50	66	1: 43	4S	1,25	52	0,20	3	9	8	96	87	85	0,07	0,12	1 Tür
99	Back-stein	Hour-dis	40	178	1: 20	13S	3,75	47	0,35	7	13	11	98	94	99	0,29	0,08	2 Fenst.

Gruppe VII:

In dieser Tabelle fällt zunächst der mit durchschnittlich 0,26 % regelmäßig unter dem Gesamtdurchschnitt von 0,32 % liegende CO_2-Gehalt auf, der lediglich in dem größeren Schweinestall No. 99 mit 0,35 % um weniges überschritten wird. Auch wird die durchschnittliche Temperatur von 16 ^{o} C nur zweimal in den Ställen 20 und 22 um 1 bzw. 2 ^{o} C gering überschritten. Weiterhin liegt die relative Feuchtigkeit der Stallluft - ausgenommen Stall No. 84 und 86, bei denen aber die Außenfeuchte entsprechend niedrig ist - mit durchschnittlich 11,3 % sogar erheblich unter der im Freien herrschenden. Die größeren Schwankungen in der Luftbewegung, die zwischen 0,07 (Stall 97) und 0,36 m/sec (Stall 69) differieren, sind wiederum auf die zusätzlichen Fenster- und Türlüftungen zurückzuführen. Insgesamt zeigen die Untersuchungsergebnisse, daß sich ein offenes Heuloch bei einer Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stalluft von mindestens 5 ^{o} C (Stall No. 84 und 86) und mehr recht gut zur Wegführung der sich unter der Stalldecke ansammelnden verbrauchten Stalluft eignet, wobei beispielsweise ein offenes Fenster genügt, um die nötige Frischluft zuzuführen. Jedoch besteht dabei die bereits beschriebene Gefahr, daß die auf den Heuboden gelangende feuchte Stalluft die gelagerten Futtervorräte verdirbt.

Tabelle VIII

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit Abluftschächten ohne zusätzliche Lüftung

No	Baumaterial Wände	Decke	Wand-dicke (cm)	Kuba-tur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Be-stand	GVE	m^3 Luft-raum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aus-sen	innen Mitte	Wand	Rel. Feuchte(%) aus-sen	innen Mitte	Wand	Luftbewe-gung(m/sec) Mitte	Wand	zusätz-liche Lüftung
11	Bruch-stein	Holz	70	82	1: 46	6R	5	16	0,55	8	20	18	81	79	85	0,11	0,07	---
12	1/2Brst. 1/2Beton	"	63 25	69	1: 70	8R	7	10	0,40	8	19	18	98	71	86	0,12	0,06	---
26	Bruch-stein	"	56	115	1:135	6R	4,5	26	0,30	9	15	14	70	75	86	0,05	0,04	---
50	1/2Brst. 1/2Holz	"	55 20	70	1:255	6R	6	12	0,50	4	21	18	96	72	81	0,09	0,07	---
55	Bruch-stein	"	82	130	1: 18	11R	11	12	0,40	6	18	17	76	74	80	0,15	0,07	---
77	Back-stein	"	40	88	1: 28	9R	8	11	0,45	3	20	17	94	86	74	0,04	0,07	---
80	Beton	"	40	88	1: 93	5R/ 2S/2Z	5,5	16	0,45	12	18	17	74	78	76	0,09	0,07	---
81	Bruch-stein	"	48	83	1: 59	5R/6Z	5	17	0,40	7	17	16	93	85	85	0,07	0,05	---
82	"	"	42	122	1: 59	2R/ 1S/4Z	2,5	49	0,40	8	15	11	91	88	99	0,10	0,05	---
88	1/2Brst. 1/2Beton	"	62	78	1: 51	6R/1S	6	13	0,35	5	19	17	95	82	79	0,07	0,08	---

Gruppe VIII:

Es erscheint mir geradezu bezeichnend, daß sich der Stall No. 11 mit dem höchsten gemessenen CO_2-Gehalt von 0,55 % in dieser Gruppe befindet; denn die hier angetroffenen Abluftschächte waren ohne jede Wärmeisolation aus vier einfachen Brettern gezimmert, hatten meist einen viel zu geringen Querschnitt und reichten nicht über den Dachfirst hinaus, sondern waren in der Art eines Schornsteines an einer Dachseite angebracht. In einigen Fällen besaßen sie sogar nicht einmal eine obere Abdachung. Die Folge all dieser Mängel war, daß sich die Stalluft in der Umgebung der so unsachgemäß angelegten Abluftschächte abkühlte, wodurch diese zum reinen Sammellager für Schwitzwasser wurden. So unterscheiden sich die Stalluftverhältnisse dieser Gruppe von denen der Gruppe I mit den Stallungen ohne Lüftung sogar noch durch einen um 0,03 % höheren CO_2-Gehalt und durch die um durchschnittlich 1,5 ^{o} C höher gelegene Temperatur bei um 3 % niedrigerer Feuchte und gleicher Luftbewegung von durchschnittlich 0,09 m/sec. Wie aus den in der Tabelle VIII angeführten Meßergebnissen zu ersehen ist, kann also trotz der durchschnittlichen Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stalluft von 11,2 ^{o} C kein günstiger Einfluß dieser unsachgemäß angelegten Abluftschächte auf das Stallklima festgestellt werden.

Tabelle IX

Untersuchungsergebnisse der Stallungen mit Abluftschächten und zusätzlicher Lüftung

No	Baumaterial Wände	Decke	Wand-dicke (cm)	Kuba-tur (m^3)	Fenster-:Boden-fläche	Be-stand	GVE	m^3 Luft-raum pro GVE	CO_2-geh. (%)	Temperatur(°C) aus-sen	innen Mitte	Wand	Rel. Feuchte(%) aus-sen	innen Mitte	Wand	Luftbewe-gung(m/sec) Mitte	Wand	zusätz-liche Lüftung
19	Bruch-stein	Holz	56	80	1: 49	8R	7	11	0,35	10	18	18	73	90	89	0,23	0,10	1 Fenst.
21	"	"	62	71	1: 73	4R	3,5	20	0,30	7	17	16	93	81	84	0,07	0,05	Futter-luken
27	1/2Brst. 1/2Backst.	Hour-dis	50 30	90	1: 75	13R	11	8	0,35	9	19	18	71	75	74	0,07	0,09	"
32	Bruchst.	Holz	54	79	1: 26	10R	9	9	0,40	8	20	18	83	71	72	0,18	0,06	"
38	"	"	60	77	1:113	11R	8	10	0,20	2	15	13	81	67	68	0,12	0,05	1 Fenst. Futterl.
45	"	"	50	117	1: 54	12R	9	13	0,35	3	16	13	93	76	82	0,14	0,06	Heuloch Futterl.
48	"	"	55	67	1:133	7R	5,5	12	0,40	4	17	17	92	80	86	0,15	0,10	Heuloch
49	"	"	55	81	1: 84	11R	9,5	9	0,30	3	18	17	97	67	71	0,10	0,10	Futterl.
57	"	"	50	85	1: 29	9R	8	11	0,30	10	19	17	70	69	74	0,12	0,07	1 Tür
58	"	"	50	78	1: 51	9R	8	10	0,30	10	20	19	76	77	72	0,11	0,06	"
59	"	"	60	51	1: 73	4R	4	13	0,30	11	15	15	76	77	72	0,10	0,07	1 Fenst. Futterl.
66	"	"	55	108	1: 23	10R	8	14	0,30	2	14	14	97	74	78	0,06	0,05	1 Fenst.
67	"	"	50	97	1: 29	7R	7	14	0,25	3	14	14	95	74	75	0,12	0,08	2 Fenst.
92	Backst.	Koch-decke	30	241	1: 20	13R/ 4S	11	22	---	10	14	14	76	75	78	0,19	0,24	6 Kipp-fenster

Gruppe IX:

Das zu den Abluftschächten der Gruppe VIII gesagte gilt auch hier, denn die besser liegenden Verhältnisse der Stallungen in der Tabelle IX mit einem durchschnittlichen CO_2-Gehalt von 0,29 %, einer Temperatur von 16,4 ^{o} C, einer relativen Feuchte von 74,5 % und einer Luftbewegung von 0,13 m/sec sind zweifelsohne auf die zusätzlichen Lüftungen zurückzuführen. Eine Ausnahme macht der zur Zeit der Untersuchung noch keine fünf Jahre alt gewesene Stall No. 92, in dem nicht einmal ein meßbarer CO_2-Gehalt der Stalluft nachgewiesen werden konnte. Seine sämtlichen 6 Kippfenster waren geöffnet, was bei einem Außentemperaturstand von 10 ^{o} C die Stalltemperatur mit 14 ^{o} C nicht allzu sehr drückte. Die relative Feuchte von 75 % und 78 % entsprach ungefähr der äußeren von 76 %, während die Luftbewegung wegen der reichlichen Fensterlüftung mit 0,19 bzw. 0,24 m/sec recht hoch lag. Sein Abluftschacht hatte einen Querschnitt von 45 x 50 cm und besaß eine dicht daneben liegende Abzweigung mit einem Durchmesser von 40 x 25 cm. Er war gut isoliert, so daß kein Schwitzwasser in seiner Nähe vorhanden war, reichte weit über den Dachfirst hinaus und besaß einen vorschriftsmäßigen oberen Abschluß in Form einer flachen, vierseitigen Abdachung. Diesen Abluftschacht untersuchte ich zu einem späteren Zeitpunkt speziell mit Hilfe des Katathermometers auf seine Funktionstüchtigkeit.

4. Spezielle Untersuchung der Abluftschächte auf ihre Funktionstüchtigkeit

Eine spezielle Prüfung der Abluftschächte führte ich in den Ställen No. 11, 45, 48, 66, 88 und 92 durch. Dabei ging ich so vor, daß ich von 4 verschiedenen Punkten des Stalles ausgehend die Meßstellen immer näher an den Abluftschacht heran verlegte und dort mit Hilfe des Katathermometers die Luftbewegung bestimmte. So kam ich in jedem Stall auf insgesamt 9 Meßpunkte, deren letzter sich unmittelbar unter dem Abluftschacht befand. Auf diese Weise führte ich im Sommer bei Außentemperaturen von 20 - 30 ^{o} C in jedem der 6 Ställe je 6 Messungen durch. Dabei ergab sich, daß sich die Geschwindigkeit der Luftbewegung unter dem Abluftschacht in gar keiner Weise von der an den übrigen Meßpunkten unterschied. Selbst unter die Schachtöffnung gesetzter Zigarettenrauch zog an ihr vorbei und folgte dem Luftzug, der durch die offenen Fenster und Türen entstand. Ein anderes Ergebnis zeigten die 6 in den Ställen 45, 88 und 92 durchgeführten vergleichenden Untersuchungen im Winter bei einer Differenz zwischen Außen- und Stalltemperatur von durchschnittlich 10,8 ^{o} C. Hier war unter den Abluftschächten eine Luftbewegungsgeschwindigkeit festzustellen, die mit durchschnittlich 80 % höher lag als an den anderen Meßpunkten.

Damit haben die Untersuchungen ergeben, daß die Abluftschächte im Sommer bei hohen Außentemperaturen keinerlei Wirkung auf das Stallklima haben, während sie im Winter bei einer Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stalluft von 10,8 ^{o} C eine Entlüftungsfunktion ausüben. Jedoch ist ihr Einfluß auf das Stallklima, wie die Untersuchungsergebnisse der Wintermessungen in den Gruppen VIII und IX zeigen, in den betreffenden Ställen - mit Ausnahme des Stalles No. 92 - kaum spürbar, was auf die unsachgemäße Anlage dieser Abluftschächte zurückzuführen ist; denn abgesehen davon, daß sie nie über den Dachfirst hinausragen, besitzen sie auch keine Isolation und sind mit einem durchschnittlichen Querdurchmesser von 21 x 21 cm viel zu eng angelegt.

IV. SCHLUSSBETRACHTUNG

Bei den 100 untersuchten im Landkreis Säckingen gelegenen Stallungen handelt es sich - mit nur zwei Ausnahmen - um ca. 30 bis über 200 Jahre alte Gebäude, die zu 71 % vorwiegend aus Bruchsteinen erbaut sind. Ihre durchschnittliche Wandstärke ist mit 55 cm zu dünn, um eine ausreichende Wärmedämmung zu gewährleisten. Dagegen kann nur das Anbringen einer Wärmeisolationsschicht Abhilfe schaffen.

In 86 % der Ställe waren Holzdecken anzutreffen, deren gute Ventilationswirkung den CO_2-Gehalt der Stalluft nur einmal auf 0,55 % ansteigen ließ und ihn im Durchschnitt auf 0,32 % hielt. Aus diesem Grunde können für Stallneubauten Holzdecken empfohlen werden.

Als erheblichstes Übel, das die Untersuchungen ergaben, erwiesen sich die viel zu kleinen Fenster in den Ställen, die auf gar keinen Fall ausreichten, die Stallräume genügend zu belichten. So wurde ein Stall angetroffen, in dem das Verhältnis der lichtduchlässigen Fläche zur Fußbodenfläche sogar 1 : 255 betrug. Der Gesamtdurchschnitt dieses Verhältnisses lag bei 1 : 69. Deshalb sollte bei Umbauten besonders auf eine Vergrößerung der Fenster geachtet werden.

Wie die Errechnung des einer Großvieheinheit zur Verfügung stehenden Luftraumes ergab, waren fast die Hälfte nämlich 47 % aller Ställe überbesetzt. Dieser Mangel könnte in Rinder- und gemischten Ställen durch die Unterbringung des Jungviehs bzw. der Schweine in anderen Räumen behoben werden.

Die Sommermessungen haben gezeigt, daß in der warmen Jahreszeit durchgeführte stallklimatische Untersuchungen keinen Schluß auf die Wirkung der das Raumklima beeinflussenden Gegebenheiten eines Stalles zulassen; denn infolge reichlicher Fenster- und Türlüftung gleicht sich das Stallklima im wesentlichen den Außenverhältnissen an. Dagegen herrschen im Winter, wo der Landwirt aus Furcht vor eindringender Kälte Fenster und Türen nur beschränkt zur Lüftung heranzieht, die Stalluftverhältnisse vor, denen das Tier den Großteil seines Stallaufenthaltes ausgesetzt ist. Deshalb wurden die einzelnen Faktoren des Stallklimas während der kalten Jahreszeit bei einer durchschnittlichen Außentemperatur von 6,3 ^{o} C bestimmt.

Aus den Turnusmessungen wird deutlich, daß es auch nicht gleichgültig ist, zu welcher Tageszeit die Messungen durchgeführt werden. Da während der Stallarbeit, bei der die Futterluken geöffnet sind und auch die Türen meist offen gelassen werden, Störungen auftreten, die keine exakten Messungen gestatten, liegt die geeignetste Tageszeit zur Bestimmung der stallklimatischen Verhältnisse mehrere Stunden nach der morgendlichen und kurz vor der abendlichen Fütterung, also zwischen ca. 9^{00} und 17^{00} Uhr.

Der durchschnittliche CO_2-Gehalt hielt sich mit 0,32 % in erträglichen Grenzen. In 46 % der Ställe lag er über diesem Durchschnitt und erreichte als Höchstwert nur einmal 0,55 %. In zwei gut durchlüfteten Stallungen konnte überhaupt kein meßbarer CO_2-Gehalt festgestellt werden.

Bei einer durchschnittlichen Stalltemperatur von 16 ^{o} C waren überwarme, wesentlich über die 20 ^{o} C-Grenze hinausgehende Ställe nicht anzutreffen, was sich aus der ungenügenden Wärmedämmung der größtenteils angetroffenen Bruchsteinwände und ihrer zu geringen Wandstärke erklärt. Würde mit Hilfe einer schützenden Isolation die Wärmeleitung der Umfassungsmauern herabgesetzt, so könnte der dadurch entstehende Temperaturüberschuß zur Erwärmung der Frischluft bei geeigneter Lüftung ausgenützt werden.

Der ermittelte durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der Stalluft lag mit 80,2 % nur um weniges höher als der in der Literatur zumeist als Höchstgrenze angegebene Wert von 80 %. Doch war in fast der Hälfte der Ställe (49 %) dieser Wert überschritten worden. So konnte in einem unterbesetzten, kalten Betonschweinestall sogar ein Wasserdampfgehalt der Luft von 100 % festgestellt werden. Die an der Wand um durchschnittlich 2,6 % höher gelegenen Feuchtigkeitswerte zeugen wiederum von einer mangelhaften Wärmedämmung der Mauern.

In 42 % der Ställe kam die unzureichende Ventilation durch die viel zu geringe Luftgeschwindigkeit zum Ausdruck, die Werte bis zu 0,01 m/sec aufzeigte. Die auf einen ausreichenden Luftaustausch hinweisenden Optimalwerte von 0,10 - 0,16 m/sec wurden in 42 % der Ställe festgestellt. Solche günstig erscheinenden Ergebnisse waren aber manchmal durch Störungen bedingt, wie sie unruhige Tiere oder ein weites Öffnen der Tür beim Eintreten darstellen. In diesen Fällen wiesen dann die ungünstigen Meßergebnisse der anderen Klimafaktoren auf das Fehlen einer ausreichenden Lüftung hin. Werte über 0,16 m/sec ergaben sich in 13 % der Ställe, die meist

über eine zu reichliche Fenster- und Türlüftung verfügten und in denen infolgedessen oft Zugluft vorhanden war, die mit einer Geschwindigkeit bis zu 0,36 m/sec durch den Stallraum strich. Eine solche Zugluft ist der Gesundheit der Stalltiere ebensowenig zuträglich wie das gänzliche Fehlen einer Lüftung.

Von den Lüftungsmethoden der untersuchten Ställe erwies sich nur die Fenster- und Türlüftung besonders im Zusammenhang mit einem offenen Heuloch als wirksam. Doch liegen ihre Nachteile in der oft auftretenden Zugluft und Unterkühlung des Stalles sowie - im Falle eines offenen Heuloches - in der Gefahr, daß sich die feuchte Stalluft am oben gelagerten Futter als Tauwasser oder Reif niederschlägt und es somit verdirbt. Die in 26 Ställen angetroffenen Abluftschächte ließen infolge ihrer unsachgemäßen Anlage die erwartete Entlüftungswirkung vermissen. Auch andere in den Stallungen zur Anwendung gebrachte Lüftungsmöglichkeiten wie offene Futterluken, Aussparungen zwischen den Deckenbalken und einzelne Zuluftlöcher hatten im allgemeinen einen nur geringen Einfluß auf das Stallklima. Da keine der angetroffenen Einrichtungen geeignet war, das Lüftungsproblem zu lösen, ist für alle untersuchten Ställe die Anbringung eines Elektroventilators angezeigt. Er könnte leicht unmittelbar unter der Decke in die Stallwand eingebaut werden und so die verbrauchte Oberluft zum Abzug bringen. Die Kosten für dieses Lüftungssystem halten sich in tragbaren Grenzen.

Da in den Untersuchungsbetrieben die reine Stallhaltung vorherrscht, sollte die Schaffung besserer Stallverhältnisse unbedingt angestrebt werden, um die Gesundheit der Tiere zu erhalten und ihre Leistungsfähigkeit zu steigern. So bleibt zu wünschen, daß die Landwirtschaft des Untersuchungsgebietes immer mehr Anteil an der in anderen Wirtschaftszweigen heute so regen Bautätigkeit nimmt.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Kreise Säckingen wurden 100 Ställe, davon 77 Rinder-, 16 gemischte, 6 Schweineställe und ein Pferdestall bei winterlicher Witterung auf ihre Stalluft- und Lüftungsverhältnisse untersucht.

2. Bei den untersuchten Stallungen handelte es sich zu 98 % um mehr als 30 Jahre alte Gebäude, zu deren Bau zu 78 % vorwiegend Bruchstein verwendet worden war. Bei 11 % hatte Backstein, bei 8 % Beton und bei 3 % Holz als Baustoff gedient. Ihre Wandstärken lagen mit durchschnittlich 55, 32, 41 und 14 cm unter den geforderten Maßen und wiesen deshalb eine unzureichende Wärmedämmung auf.

3. In 14 % der Stallungen wurden Massiv- und in 86 % Holzdecken angetroffen, auf deren gute Ventilationswirkung der für ältere Ställe günstige durchschnittliche CO_2-Gehalt der Stalluft von 0,32 % hinweist.

4. Das durchschnittliche Fenster- zu Bodenflächen-Verhältnis lag mit 1 : 69 außerordentlich ungünstig. Das allgemein geforderte Verhältnis von 1 : 10 bis 1 : 20 war nur zehnmal vorhanden, während 89 % der Ställe darunter und nur 1 % darüber lagen.

5. Der einer Großvieheinheit zur Verfügung stehende Luftraum ergab sich mit durchschnittlich 19,5 m^3. Der Forderung von 15 - 30 m^3 Luftraum pro GVE entsprachen nur 39 % der Ställe, während 47 % darunter und 14 % darüber lagen. Das bedeutet, daß fast die Hälfte aller Ställe überbesetzt war.

6. Der CO_2-Gehalt der Stalluft betrug im Durchschnitt 0,32 %; daß er in den alten Stallungen bei mangelhafter Lüftung nicht höher lag, wird auf die gute Ventilationswirkung der Holzdecken zurückgeführt. In 46 % der Ställe wurden darüberliegende Werte bis 0,55 % gemessen. 52 % lagen darunter und in zwei gut durchlüfteten Stallungen konnte überhaupt kein erfaßbarer CO_2-Gehalt festgestellt werden.

7. Während die durchschnittliche Außentemperatur 6,3 ^{o} C betrug, lag die Temperatur der Stalluft im Durchschnitt bei 16 ^{o} C. In 4 % der Ställe konnten Temperaturen unter 10 ^{o} C, in 26 % von 10 - 14 ^{o}C und in 66 % von 15 - 20 ^{o}C ermittelt werden. Daß die Stalltemperatur nur viermal um 1 ^{o} C über die 20 ^{o} C-Grenze hinausging, wird auf die mangelhafte Wärmedämmung der Umfassungsmauern, an denen die

Temperatur um durchschnittlich 1,3 °C tiefer lag als in der Mitte des Stalles, zurückgeführt.

8. Die relative Feuchtigkeit der Stalluft ging mit durchschnittlich 80,2 % nur sehr gering über die erlaubte Höchstgrenze von 80 % hinaus. In 49 % der Ställe wurde der ermittelte Durchschnitt überschritten, wobei in einem kalten Betonschweinestall sogar 100 % gemessen werden konnten. 44 % bewegten sich in den erlaubten Grenzen von 70 - 80 % und nur 7 % der untersuchten Ställe wiesen einen Feuchtigkeitsgehalt von unter 70 % auf.

9. In 42 % der Ställe kam die fehlende oder unzureichende Lüftung durch eine unter 0,10 m/sec liegende Luftgeschwindigkeit zum Ausdruck. In 45 % waren die Optimalwerte von 0,10 bis 0,16 m/sec anzutreffen. Die restlichen 13 % zeigten infolge reichlicher Fensterlüftung Werte bis zu 0,36 m/sec.

10. In den untersuchten Ställen waren 42 mal Fenster und Türen, 36 mal offene Futterluken, 7 mal Aussparungen zwischen den Deckenbalken, 13 mal Zuluftöffnungen, 13 mal ein offenes Heuloch und 24 mal ein Abluftschacht zur Lüftung herangezogen worden. Aufgrund dieser Tatsache wurden die Ställe nach ihren Lüftungsmöglichkeiten in 9 verschiedene Gruppen eingeteilt.

11. Es wurde festgestellt, daß die angetroffenen Lüftungsmethoden nicht ausreichen, ein zufriedenstellendes Stallklima zu schaffen. Zwar wurden bei der Fenster- und Türlüftung, sowie bei der Entlüftung durch ein offenes Heuloch zum Teil gute Werte gefunden, doch bringen diese Lüftungsmöglichkeiten Gefahren mit sich, auf die in der Besprechung hingewiesen wurde.

12. Die Untersuchung der Abluftschächte ergab deren völliges Versagen bei Außentemperaturen von 20 - 30 °C. Im Winter konnte dagegen bei einer Differenz zwischen Außen- und Stalltemperatur von 10,8 °C eine Wirkung insofern festgestellt werden, als sich die Luft unmittelbar unter der Abluftschachtöffnung mit einer um durchschnittlich 80 % höher liegenden Geschwindigkeit bewegte als an den 8 anderen Meßpunkten des Stalles. Im Falle der untersuchten Stallungen reichte aber diese Wirkung nicht aus, das Stallklima günstig zu beeinflussen, da die angetroffenen Abluftschächte unsachgemäß angelegt waren.

13. Die Sommermessungen ergaben, daß die stallklimatischen Verhältnisse in der warmen Jahreszeit aufgrund der besseren Ausnützungsmöglichkeit der Fenster- und Türlüftung ungleich günstiger liegen als im Winter.

14. Die Turnusmessungen haben gezeigt, daß sich das Stallklima im tageszeitlichen Wechsel verändert. Es konnte festgestellt werden, daß die Stalltemperatur während und kurz nach der Futteraufnahme einen Anstieg um durchschnittlich 1 ^{o} C aufweist. Während der Nacht stiegen der CO_2-Gehalt der Stalluft im Durchschnitt um 0,12 % und die relative Feuchtigkeit um 6,8 % an.

15. Abschließend wird darauf hingewiesen, daß bei der im Kreise Säckingen vorherrschenden reinen Stallhaltung die hygienischen Verhältnisse, insbesondere aber die lüftungstechnischen Einrichtungen in den Ställen einer Verbesserung bedürfen, die in der Anbringung eines Elektroventilators gesehen wird.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Andrews; Culver; Conrad — The effectivenes of mist-type spraying systems for cooling swine. Purdue Univ. Agr. Exp. Stat. Lafayette, Indiana, Mimeo AS 241, (1958)

2. Andrews; Culver; Hoffsinger — Cooling swine with water. Purdue Univ. Agr. Exp. Stat. Lafayette, Indiana, Mimeo AH 212, (1957)

3. ..... — Angaben des Landwirtschaftsamtes Laufenburg

4. Bray; Singletary — Effect of hog wallows on gains of fattening swine. J. Animal Sci. 7, 521, (1948)

5. Brody — Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Station 423, (1948)

6. Brooks und Hays — Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den prozentigen Fettgehalt der Kuhmilch. Zchtgskd. 1, 9, (1926)

7. Brüggemann — Viehhaltung im Bauernbetrieb. DCG-Verlag G.m.b.H. Frankfurt, (1954/55)

8. Buxtorf — Einführung des Katathermometers in die Stallhygienische Meßtechnik. Diss. med. vet. Zürich, (1942)

9. Clausen und Gerwig — Tagung der Europäischen Vereinigung für Tierzucht in Kopenhagen, (1957). Zit. nach Kalich (28)

10. Cobble; Herman — Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Station 485, (1951)

11. Cords-Parchim — Der gesunde Stall. Verlag des Druckhauses Tempelhof Berlin, (1950)

12. Dahmen — Lehrbuch der Veterinärhygiene. Verlag Paul Parey, Berlin, (1944)

13. Deutsch — Untersuchungen über den Einfluß der Bauart der Stallungen und der Führung des Stallbetriebs auf die Beschaffenheit der Stalluft. Diss. med. vet., Berlin, (1928)

14. Dice — Der Einfluß der Stalltemperatur auf die Leistung und den Futterbedarf der Milchkühe. Zchtgskd. 15, 10, (1940)

15. Dinkhauser — Der zweckmäßige Rindviehstall. Verlag Paul Parey, Berlin, (1933)

16. Färber — Viehhaltung und Stallverhältnisse im Bayerischen Wald. Diss. med. vet., München, (1951)

17. Flügge — Grundriß der Hygiene. Verlag Julius Springer, Berlin, (1940)

18. Frank — Untersuchungen der Stalluft und der Lüftungseinrichtungen in Stallungen des Landkreises Kulmbach (Ofr.). Diss. med. vet., München (1951)

19. Fuhrimann — Beitrag zur Bestimmung des Stallklimas. Diss. med. vet., Zürich, (1944)

20. Gerspach — Stallbau und gesunde Tierhaltung. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, (1956)

21. Hazen — Temperatur-Gain Shown in Iowa Hog Test. Feedstuffs 1, 68, (1958)

22. Heinze — Der Pferdestall, sein Bau und seine Ausstattung. Verlag Richard Carl, Leipzig, (1906)

23. Heitman; Hughes — The effects of air temperature and relative humidity on the physiological well-being of swine. J. Animal Sci. 8, 171, (1949)

24. Hofmann — Hygienische Untersuchungen in Milchtierstallungen im Freistaat Sachsen während des Sommers und Winters. Zeitschr. f. Infkt. Krkh. (1931) Zit. nach Honold (25)

25. Honold — Die Zusammenhänge von Hygiene und Klima im Rinderstall. Diss. med. vet., Freiburg, (1952)

26. Jackson — Fattening hogs need concrete wallow in hot weather. Progress Report, Texas Agr. Exp. Stat., Texas A and M College (1938)

27. Jentsch — Stallbauten in Tierheilkunde und Tierzucht. Stang u. Wirth IX, 521 - 564, (1931)

28. Kalich — Der Einfluß einiger Umweltfaktoren auf die Winter- und Sommermast der Schweine. Sonderdruck aus "Mitteilungen für Tierhaltung" Heft 72, (1961)

29. Kalich — Futterersparnis durch richtiges Stallklima. "Feld und Wald", No. 38, 7/8, (1961)

30. Kalich — Vergleichende stallklimatische Untersuchungen in alten und neugebauten Rinderställen Süddeutschlands. Tierärztl. Umschau No. 11, 374, (1961)

31. Kelly; Rupel — U.S. Dept. of Agric., Washington Techn. Bull. 591, (1937)

32. Kibler; Brody — Res. Bull. Mo. Exp. Station 464, (1950)

33. Klimmer — Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Nutztiere. Verlag Paul Parey, Berlin, (1924)

34. Kronacher — Allgemeine Tierzucht. Verlag Paul Parey, Berlin, (1928)

35. Krüger — Vergleichende stallklimatische Untersuchungen in Rinder- und Schweineställen der oberrheinischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung der Abkühlungsgröße. Diss. med. vet., München, (1960)

36. Kugler — Lüftungseinrichtung verschieden weit in den Stall herabreichender Dunstschlote. Zchtgskd. 4, 11, (1929)

37. Lauff — Der Einfluß der Haltung der Haustiere auf ihren Gesundheitszustand unter Berücksichtigung der Anforderungen an moderne Stallbauten. Diss. med. vet., Hannover, (1920)

38. Lehmeyer — Untersuchungen über den Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Stalluft. Diss. med. vet., München, (1927)

39. Mally — Pferdezucht. Verlag Österreichischer AGRAR, Wien, (1952)

40. Märker — Versuche über die Porosität einiger Baumaterialien, sowie über den künstlichen und natürlichen Luftwechsel in den Stallgebäuden. Journal für Landwirtschaft 18, 340/402, (1870)

41. Miessner und Schoop — Veterinärhygiene mit Anleitung für die hygienischen Übungen. Verlag M. Schaper, Hannover, (1935)

42. Münsterer — Untersuchungen über Lüftungsverhältnisse in Rinder- und Schweinestallungen. Diss. med. vet., München, (1953)

43. Nusshag — Hygiene der Haustiere. Verlag S. Hirzel, Leipzig, (1954)

44. Ober — Der Rindviehstall. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1957)

45. Ober — Gesunde und zweckmäßige Schweineställe. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, (1953)

46. Ober — Gesundes Stallklima. Bayerischer Landwirtschaftsverlag Bonn, München, Wien, (1957)

47. Oesterlee — Intern. J. Bioklimatology and Biometeorology, Vol. III, Part III, Sect. C, (1959)

48. Pettenkofer — Luftwechsel in Wohngebäuden. München, (1858)

49. Popoff	Der Einfluß der Kälte auf die Produktivität der Milchkühe. Ztschr. f. Tierz. - u. Zchtgskd. 10, 285, (1927)
50. Ragsdale; Worstell; Thompson; Brody;	Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Station 460, (1950)
51. Reich	Der Einfluß der Baustoffe auf das Stallklima. Diss. med. vet., München, (1960)
52. Rolle	Veterinärhygiene. Manuskript. München, (1949)
53. Roots-Haupt-Hartwigk	Veterinärhygiene. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, (1955)
54. Schmidt	Stallklimatische Untersuchungen in Rinderställen des Landkreises Kusel (Pfalz) Diss. med. vet., München, (1960)
55. Schmidt und Kliesch	Züchtung, Ernährung und Haltung der landwirtschaftlichen Haustiere. - Allgem. Teil - Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, (1956)
56. Seilnacht	Das Bauen in der Landwirtschaft. Verlag Otto Mayer, Ravensburg, (1950)
57. Shier	Die Kontrolle der Ventilation und der Temperatur. Bull. Ohio State Univ. Agricult. Coll. Extens. Serv. No. 208, (1941)
58. Siebold und Prahl	Stallbau im Bauernbetrieb. Verlag Paul Parey, Berlin, (1936)

59. Stietenroth — Hygienische und wärmewirtschaftliche Forderungen beim Stallbau und Stallbetrieb. Veröffentlichung aus dem Institut für Schall- und Wärmeforschung der techn. Hochschule Stuttgart Heft 5, (1934)

60. Stietenroth — Hygienische und wärmewirtschaftliche Forderung beim Stallbau und Stallbetrieb. Landwirtschaftliche Jahrbücher Heft 10, (1935)
Zit. nach Zorn (66)

61. Stietenroth — Stallhygienische Untersuchungen. Landwirtschaftsverlag G. m. b. H., Hiltrup bei Münster (Westf.), (1955)

62. Süpfle — Bauhygiene des Stalles. Deutsche Tierärztl. Wochenschrift 15, 225, (1930)

63. Traub — Hygienische Untersuchungen in Tierställen unter besonderer Berücksichtigung der Stalluft. Zeitschrift f. Infkt. Krkh. 45, 1, (1933)

64. Vogel — Pferdezucht. Verlag Paul Parey, Gießen, (1948)

65. Zorn — Schweinezucht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, (1954)

66. Zorn — Stallverbesserung und Stallneubau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, (1953)

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. A. Meyn für die freundliche Überlassung des Themas meinen Dank aussprechen.

Gleichzeitig danke ich Herrn Professor Dr. J. Kalich für seine Ratschläge und die jederzeit bereitwillig gewährte Hilfe bei der Ausführung der Arbeit.

Mein Dank gilt weiterhin meiner Schwester, die sich um die technische Gestaltung der Arbeit sehr bemüht hat sowie Herrn Landwirtschaftslehrer R. Mascha für seine tatkräftige Unterstützung bei der Sammlung des Materials für die Beschreibung des Untersuchungsgebietes.

LEBENSLAUF

Am 30. April 1935 wurde ich, Hans-Jörg Herter, als Sohn des Gewerbeschulrates Gustav Herter und seiner Ehefrau Hildegard geborene Winkler in Zwickau in Sachsen geboren.

Vom Jahre 1941 bis 1949 besuchte ich die Grundschule in Lichtenstein (Sachsen) und ging anschließend bis 1951 in die dortige Oberschule.

1951 verzog ich mit meinen Eltern nach Fahrnau in Baden und trat in das neusprachliche Gymnasium in Schopfheim (Baden) ein, wo ich 1956 die Reifeprüfung ablegte.

Danach immatrikulierte ich mich 1956 an der Tierärztlichen Hochschule Hannover, wo ich 1958 das Physikum bestand. 1959 wechselte ich an die tiermedizinische Fakultät der Universität München über und beendete dort 1961 mein Studium mit dem Staatsexamen.

Mein jetziger Wohnsitz ist seit 1957 Wehr, Kreis Säckingen (Baden).